

П-167/2

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
АКАДЕМИИ НАУК
СССР

5

1958

НОВОСИБИРСКОЕ КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ИЗВЕСТИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

5

1958 г.

НОВОСИБИРСКОЕ
КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
1958

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА

Н. Л. Стародубцев. О комплексном освоении природных богатств Тюменской области на базе развития энергетики 3

ГЕОЛОГИЯ

В. П. Солоненко. Происхождение и классификация месторождений графита 12

В. И. Синяков. Об угловом несогласии внутри ордовика Горной Шории 19

Е. В. Шумилова. Материалы по минералогии мезозойских и кайнозойских отложений северо-восточной окраины Западно-Сибирской низменности 26

ХИМИЯ

А. И. Горбанев, А. Б. Ценципер, П. М. Жигенева, М. С. Данилова. Реакции диссоциированных паров H_2O_2 и H_2O при температуре $-196^\circ C$ 43

Т. В. Заболоцкий. О влиянии газообразных примесей на окисление азота в высокочастотном разряде 53

В. А. Пентегова, А. И. Лисина. Смоляные кислоты живицы сибирской лиственницы 57

П-167

П-19750

С. И.

верхности

Г. Г.

образован

А. П.

области и

1958

№ 5

Известия Сибирск

Отд. АН СССР

7 р.

измерения по-

го структуро-

ки заливания

Новосибирской

образователь-

ных разно-

хозяйствен-

Восточного

чма почв

и

произ-

138

16/111 Луквдмел

П-19750

Н. Л. СТАРОДУБЦЕВ

О КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ ПРИРОДНЫХ БОГАТСТВ
ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ НА БАЗЕ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

В общем комплексе развития производительных сил восточных районов страны значительное место должно принадлежать Тюменской области. На занимаемой ею огромной территории только за последние годы выявлено большое количество месторождений самого разнообразного минерального сырья. Велики здесь лесные массивы. Имеются большие площади пахотнопригодных земель, выпасов и сенокосных угодий. Однако освоение этих богатств ведется еще крайне слабо.

За годы Советской власти Тюменская область получила значительное экономическое развитие. Промышленная продукция области к 1957 г. возросла более чем в 50 раз по сравнению с 1913 г. Резко изменилась и отраслевая структура народного хозяйства. Если в дореволюционное время ведущими отраслями промышленности были легкая и пищевая, полукустарного типа, то в настоящее время развиваются современные лесная и лесобрабатывающая, химическая, металлообрабатывающая, легкая и пищевая промышленность, судостроение и ряд других.

Вместе с тем следует отметить, что здесь в области еще не создана крупная тяжелая индустрия. Здесь нет таких ведущих отраслей промышленности, как горнорудная и угольная, черная металлургия, тяжелое и среднее машиностроение, хотя к этому имеются необходимые условия.

Удельный вес производства промышленной продукции здесь значительно ниже, чем в других областях Западной Сибири. Валовая продукция крупной промышленности с 1913 по 1955 г. возросла по Новосибирской области в 345 раз, Кемеровской — в 332, Омской — в 211, Алтайскому краю — в 186 раз, в целом по Западной Сибири в 183 раза, а по Тюменской области лишь в 49 раз.

Сильно тормозит развитие народного хозяйства области слабая его энерговооруженность. Достаточно сказать, что на обширной территории Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского национальных округов установленная энергетическая мощность составила всего лишь около 9 тыс. квт. Областной центр — г. Тюмень и города областного подчинения не имеют электрических станций большой мощности и снабжаются электроэнергией от небольших промышленных установок. Лишь в настоящее время в Тюмени строится городская электрическая станция средней мощности.

Серьезным препятствием для развития тяжелой индустрии является неразвитость железнодорожного и автомобильного транспорта. Только на юге области проходит небольшой участок сибирской ж.-д. магистрали, и за полярным кругом построена ж.-д. ветка от ст. Сейда до ст. Лабитнанги, протяженностью в 192 км, соединяющая Обь-Иртышский бассейн с Европейской частью СССР и обеспечивающая перевозку хлеба, леса, рыбных и других товаров.

Для превращения Тюменской области в крупный экономический

п 19750
ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А. Н. Киргизской ССР

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Д-р хим. наук В. Т. Быков, член-корр. Т. Ф. Горбачев (зам. главного редактора), член-корр. Н. П. Дубинин, д-р физ.-мат. наук Л. В. Киренский, д-р техн. наук К. Н. Коржавин, канд. экон. наук В. А. Кротов, член-корр. А. В. Николаев, член-корр. И. И. Новиков, д-р геол.-мин. наук М. М. Одинцов, канд. геол.-мин. наук Г. Л. Поселов, д-р геол.-мин. наук И. С. Рожков, акад. С. Л. Соболев (главный редактор), д-р биол. наук К. А. Соболевская, акад. А. А. Трофимук.

Адрес редакции: г. Новосибирск, ул. Мичурина, 23.

район страны имеются все условия, и, в первую очередь, наличие важных для народного хозяйства природных богатств.

Тюменская область располагает большими топливно-энергетическими ресурсами. В южной части Березовского района Ханты-Мансийского национального округа установлены крупные угленосные месторождения. Уралгеологуправлением здесь выявлено четыре месторождения с промышленными запасами на 1/III 1956 г. в 530,4 млн. т, в том числе по категориям C_1 — 212,0 млн. т и C_2 — 318,4 млн. т. Угли эти бурые, малокальциевые, пригодны как энергетическое топливо (калорийность лабораторной массы — 4800 ккал/кг).

Подобные угленосные месторождения простираются по всему восточному склону Урала с выходом в Заполярье на широту г. Салехард, где обнаружено 7 пластов бурого угленосного отложения, из них 3 рабочей мощности. Северососьвинская группа месторождений бурых углей в южной части (Усть-Маньинское месторождение) находится на расстоянии 180 км от ст. Полуночная и в северной части (Отальинское месторождение) — в 280 км от этой станции.

По торфяным ресурсам Тюменская область занимает второе место среди областей и краев Западной Сибири. Выявленная общая площадь торфяной залежи оценивается в 12,5 млн. га, на ней изучено 739 месторождений площадью 5,6 млн. га с общими запасами торфа-сырца в 155 млн. м³. При этом степень изученности крайне незначительна: детальной разведкой охвачено менее 1% всей территории.

Юг Тюменской области располагает наиболее крупными массивами хорошо разложившегося низинного торфа (месторождения Тарманское — на 63100 га, Боровое — на 4745 га, Боровое 2-е на 2822 га и др.), что особенно ценно при отсутствии здесь других энергетических ресурсов.

По данным Института геологии Сибирского отделения АН СССР, начиная от с. Кузнецово параллельно восточному склону Урала простирается к северу полоса возможного месторождения природного газа, с выходом в Заполярье к низовьям Енисея. В настоящее время эти прогнозы подтверждаются. В районе с. Кузнецово первые скважины дали природный газ.

К востоку от этой зоны в области более глубокого погружения палеозойского фундамента возможно наличие нефтеносного месторождения. С проведением больших поисково-разведочных работ на территории области этот район может быть крупной базой востока страны по нефти и газу.

За последние 5 лет в Тюменской области открыто месторождение природного газа. В Березовском районе в 1953 г. впервые был получен газ. Скважина № 7 первая фонтанировала с дебитом в 1,5 млн. м³ газа в сутки. Позднее большой выход газа дали и другие скважины: № 18—12 тыс. м³, № 16—3 млн. м³, № 12—60 тыс. м³ в сутки. Задача сводится к тому, чтобы до начала строительства газопровода Березово — Свердловск создать запас газа для потребителя на 20 лет.

Последующими работами буровых партий «Тюменьнефтегеологии» выявлены разведанные запасы природного газа около 16 млрд. кубометров. В ближайшее время можно ожидать расширения промышленных запасов газа в районе Березова.

Природный газ Березовского месторождения высокого качества, он может быть использован как сырье для химической промышленности и как топливо для промышленных установок и бытовых нужд. Теплотворная способность его более 8200 ккал/м³.

Тюменская область занимает одно из видных мест в стране по лес-

ным ресурсам. На ее территории сосредоточено более 8% площади лесов Советского Союза (41,2 млн. га).

Общий запас древесины достигает здесь свыше 4,5 млрд. м³, т. е. 12% запаса древесины страны. Ежегодный прирост древесины равняется 30—40 млн. м³, или 15—16% объема общесоюзных заготовок леса.

Лесные массивы Тюменской области расположены между 56° и 64° северной широты.

Основные площади лесов заняты сосной (43,8%), березой (26%), кедром (12,6%), елью и пихтой. По группам возраста приспевающие древонасаждения составляют 22,0%, спелые и перестойные — 45,1%. Выход деловой древесины от валового запаса составляет в среднем 61,5%, дров — 27,2% и отходы — 11,3%.

Приведенные данные о лесных ресурсах указывают на большие возможности их промышленного освоения. Между тем из огромных запасов древесины используются только 10—15% ежегодного прироста.

На большей части Сибирской низменности в границах Тюменской области текут многоводные реки, представляющие в сумме одну из самых мощных водных систем страны. Обь, Иртыш, Тавда, Таз, Пур, Конда, Северная Сосьва и многие сотни небольших рек проложили себе путь на протяжении нескольких тысяч километров. Большая разветвленность рек на площади свыше 1 млн. км² обеспечивает широкие народнохозяйственные связи с самыми отдаленными уголками этой обширной территории. В летний период водный транспорт занимает ведущее место по грузоперевозкам, а по ряду районов является единственным средством связи.

Реки Тюменской области таят в себе и мощные гидроэнергетические ресурсы. Гидроэнергетический потенциал Оби и ее притоков в границах Тюменской области составляет свыше 50 млрд. квт-ч в год. По данным Гидроэнергопроекта и Гидропроекта, возможно строительство нескольких гидроэлектростанций на Оби и Иртыше. Общая установленная мощность каскадов гидроэлектростанций предусматривается примерно в 8 млн. квт.

Значительный интерес представляет гидроэнергетическое использование небольших рек области. Строительство гидроэлектростанций небольшой мощности (25—75 тыс. квт) на реках Северная Сосьва, Тавда, Пур, Конда и др. создаст благоприятные предпосылки для работы речного транспорта, сплава леса и буксировки плотов за счет зарегулирования стока рек. На базе возможного строительства таких гидроэлектростанций создадутся условия обеспечения дешевой электроэнергией развивающейся промышленности и сельского хозяйства.

За последние годы на территории Тюменской области по восточному склону Урала обнаружено несколько месторождений железной руды. В настоящее время значительный интерес представляют месторождения, расположенные севернее Салехарда в районе р. Щучья (приток Оби). Здесь отмечается до 20 магнитных аномалий, из них проверено бурением лишь четыре. Лабораторное исследование показало, что содержание железа в рудной массе составляет в среднем 37,0% (максимальное — свыше 45,0%). Месторождения руды находятся под рыхлыми отложениями от 2 до 12 м. Геологические запасы по всем месторождениям оцениваются в 100—120 млн. т.

В этом районе имеются и другие сырьевые ресурсы — флюсы, кварцевые пески, огнеупорная глина, молибден, ванадий и др.

По данным Института геологии Сибирского отделения АН СССР, предопределяется возможность нахождения на обширной территории Западно-Сибирской низменности многочисленных пластовых залежей железных руд в морских отложениях. Именно такого типа залежи оказались в недавно открытом богатейшем Колпашевском железорудном

бассейне. Предполагается наличие многочисленных пластовых залежей оолитовых железных руд в верхнемеловых складках в бассейнах рек Таз и Вах. Эти прогнозы уже подтверждаются результатами буровых работ в указанном районе. Поэтому можно полагать, что проведение больших геологических работ позволит выявить новые, пока еще неизвестные железорудные богатства Тюменского экономического района.

Тюменская область богата и другими природными ресурсами. В долине р. Северная Сосьва имеются марганцевые руды. На полярном Урале выявлены месторождения графита, асбеста и других полезных ископаемых.

Таким образом, несмотря на слабую изученность, уже сейчас видно, что Тюменская область обладает весьма разнообразными природными ресурсами, которые целесообразно полнее использовать в народном хозяйстве Западной Сибири.

В связи с этим необходимо определить на перспективу основные направления и возможности развития народного хозяйства области, выявить пути комплексного использования ее природных богатств, расширить и установить новые производственные связи как внутри области, так и с другими экономическими районами страны.

Основное условие для более мощного развития производительных сил Тюменской области имеется: это наличие крупных энергетических ресурсов (уголь, газ, гидроресурсы, торф), которые могут стать базой для строительства здесь крупных тепловых и гидроэлектростанций, вокруг которых будет концентрироваться комплекс различных промышленных производств.

Сложные климатические условия, малая населенность северной части области сдерживают в настоящее время использование природных богатств. Однако создание собственной электроэнергетической базы позволит решить проблему освоения природных богатств и развития ряда отраслей народного хозяйства за счет электрификации, автоматизации и механизации процессов производства.

Поэтому ведущая роль в производственной специализации данного района должна принадлежать электроэнергетике.

В Тюменской области возможно создание трех крупных промышленно-энергетических узлов на базе местных энергетических ресурсов (см. рис. 1).

Первый промышленно-энергетический узел — Западный, на месторождениях северососьвинских бурых углей.

Выявленных промышленных запасов северососьвинских бурых углей достаточно для работы крупных тепловых электростанций. При открытой разработке углей Отальинского и Тальинского месторождений (а такая возможность имеется) стоимость добычи угля можно довести до 25—30 руб. за тонну. Выработка электроэнергии на углях северососьвинского угольного бассейна, при условии строительства электростанций в районах добычи углей, будет в 2,0—2,5 раза ниже, чем на кузнецких углях (стоимость которых при транспортировке франко — Тюмень составляет 95 руб. за тонну).

Для более рационального расходования северососьвинских бурых углей целесообразно предусмотреть использование их по энерготехнологической схеме. Это позволит организовать дополнительно производство газа и смолы, из которых первый будет использован как технологическое топливо в ряде отраслей производства и как топливо для коммунально-бытовых нужд, вторая — как строительный материал для покрытия шоссейных дорог, в качестве вяжущих добавок.

Строительство мощных тепловых электростанций обеспечит форми-

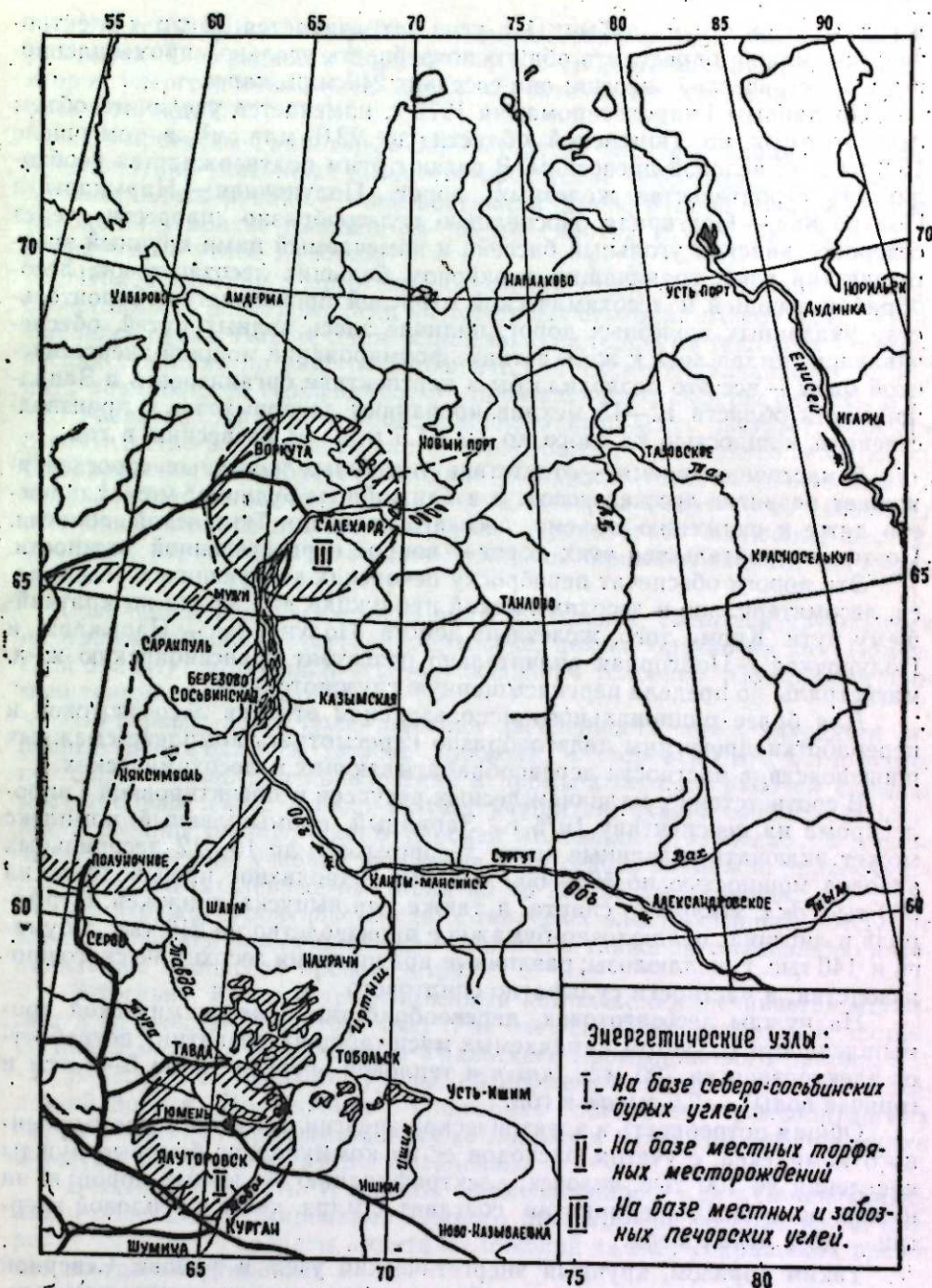


Рис. 1. Схематическая карта перспектив развития энергетических узлов Тюменской области.

рование крупного промышленного комплекса, в частности угольной промышленности, лесозаготовительной, деревообрабатывающей и лесохимической отраслей производства, которые являются крупными потребителями и электрической и тепловой энергии.

При вводе тепловых электростанций на полную мощность потребность в энергетическом топливе составит примерно 12 млн. т угля

в год. Считая, что на добычу 1 т угля затрачивается 20 квт-ч электроэнергии, можно определить общую потребность угольной промышленности в электрической энергии: она составит 240 млн. квт-ч.

По данным Гипролеспрома, на 1975 г. намечается увеличить объем лесозаготовок по Тюменской области до 22,0 млн. м³, в том числе 16,8 млн. м³ деловой древесины. В связи с этим подтверждается необходимость строительства железных дорог Полуночная — Нарыкары и Полуночная — Подгорная. Последнюю целесообразно провести через северососьвинский угольный бассейн и намечаемый нами крупный энергетический узел, граничащий с районом больших лесозаготовок, лесоперерабатывающей и лесохимической отраслей производства. Строительство указанных железных дорог, наличие здесь водных путей, обеспечивающих сплав леса к ж.-д. веткам, формирование мощной энергетической базы — все это позволило бы в перспективе организовать в Западной части области 12—15 механизированных леспромхозов с производственной мощностью каждого до 1,2—1,5 млн. м³ древесины в год.

В настоящее время — отсутствие указанных железных дорог сдерживает развитие лесозаготовок, а в ближайшем будущем может привести даже к снижению объема лесозаготовок по Тюменской области. Поэтому строительство этих дорог — вопрос первостепенной важности. Эти дороги обеспечат переброску печорских коксующихся углей, леса, лесоматериалов и лесохимической продукции для Урала по кратчайшему пути. Кроме того, железные дороги Полуночная — Нарыкары и Полуночная — Подгорная значительно разгрузят транссибирскую ж.-д. магистраль, до предела перенасыщенную грузопотоками.

Для более рационального использования отходов лесозаготовок и переработки древесины целесообразно пересмотреть комплекс смежных производств, в частности деревообрабатывающих и лесохимических.

В соответствии с наличием лесных ресурсов и проектировкой Гипролеспрома на перспективу 1975 г., Западный промышленный комплекс может включать указанные выше леспромхозы; до 10—12 лесопильных заводов мощностью по 500—600 тыс. м³; гидролизное производство на 500 тыс. дкл. этилового спирта, а также для выпуска дрожжей, фурфурола и лигнина; целлюлозно-бумажное производство на 210 тыс. т бумаги и 140 тыс. т целлюлозы; различные предприятия лесохимического производства, в частности сульфатно-спиртового.

На нужды лесозаготовок, деревообработки и лесохимической промышленности (с учетом намечаемых масштабов их развития) потребуется электроэнергия 700 млн. квт-ч и тепловой энергии (пара 5—6 атм и горячей воды) — 2,5 мкал в год.

Общая потребность в электрической энергии Западного промышленного комплекса, с учетом расходов ее на коммунально-бытовые нужды населения до 100 тыс. человек, электрификацию железных дорог и на нужды подсобных предприятий составит 2 млрд. квт-ч и тепловой энергии — до 3 мкал в год.

Таким образом, крупный энергетический узел в районе Северной Сосьвы не только обеспечит потребность всего промышленного комплекса в электрической энергии, но и сможет передать часть электроэнергии для промышленности Урала, испытывающей в электроэнергии острую нужду.

Второй промышленно-энергетический узел — Южный, на торфяных месторождениях.

В настоящее время юг Тюменской области использует привозное топливо, в частности угли Кузбасса. Здесь нет энергетического топлива, кроме крупных массивов хорошо разложившегося низинного торфа.

Запасы крупных торфяных месторождений вблизи Тюмени (месторождения Тарманское и Боровое 1-е и 2-е) дают возможность создать второй энергетический узел путем строительства двух-трех торфяных электростанций.

По проектам Гипроторфа Министерства электростанций, на торфопредприятиях указанных выше месторождений себестоимость торфа будет составлять франко — электростанция 33—35 руб. за тонну, или, в переводе на условное топливо, 85—88 руб. против 95 руб. за тонну дальнепривозных углей Кузбасса.

При внедрении энерготехнологической схемы использования торфа себестоимость электроэнергии на торфяных станциях может быть значительно снижена. Вместе с тем использование торфа на тепловых электрических станциях по энерготехнологической схеме в дальнейшем может дать возможность газифицировать промышленные центры юга области.

Развитие Западного промышленного комплекса вызовет большое строительство железнодорожного, автомобильного и водного транспорта. Одновременно потребуется создание комплекса машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий, которые будут тесно связаны с обслуживанием лесозаготовительных, деревообрабатывающих, лесохимических отраслей производства, угольной промышленности и транспорта.

Создание второго промышленного комплекса, специализирующегося на машиностроении и металлообработке, целесообразно на юге Тюменской области. Этот район отвечает основным условиям размещения промышленных предприятий.

Во-первых, здесь более плотная заселенность, здесь находятся основные города области: Тюмень, Тобольск, Ялуторовск и др., которые могут быть основой для привлечения в промышленность рабочей силы из местного населения. Только за счет учащихся, оканчивающих семилетние и средние школы, школы рабочей молодежи и взрослых, а также высшие и средние учебные заведения, уже сейчас возможно привлечь на работу в промышленные предприятия до 23—25 тыс. человек.

Во-вторых, строительство двух тепловых электростанций обеспечит электроэнергией промышленный комплекс, а также автоматизацию и механизацию процессов производства.

В-третьих, Южный промышленный комплекс обеспечивается металлом в количестве 800—1000 тыс. т за счет своей металлургии и частично ввоза металла из соседнего Уральского промышленного района.

В-четвертых, близость уральской промышленности и постройка железной дороги Полуночная — Подгорная обеспечат транспортировку сырья к Южному промышленному комплексу и вывоз готовой продукции к местам внутриобластного потребления.

В-пятых, близость уральской промышленности к югу Тюменской области облегчит формирование Южного промышленного комплекса, позволит уменьшить затраты капиталовложений за счет сокращения расходов по транспортировке.

Южный промышленный комплекс сможет включить следующие предприятия: тяжелого машиностроения и по производству оборудования для лесозаготовительной, деревообрабатывающей и лесохимической промышленности, по производству портового оборудования (портовые краны для речных портов и другое погрузочно-разгрузочное оборудование). Кроме того, должно получить дальнейшее развитие сельскохозяйственное машиностроение, оборудование для легкой и пищевой промышленности (маслозаводов и молокозаводов), а также для рыбной промышленности. Потребность в этом оборудовании вызывается усло-

виями дальнейшего освоения пахотнопригодных земель южных районов Западно-Сибирской низменности и расширением рыбных промыслов в речных водоемах.

Третий промышленно-энергетический узел — Заполярный, на базе местных бурых углей и отходов добычи и обогащения печорских углей. Строительство здесь тепловой электростанции обеспечит снабжение электроэнергией Заполярного электрометаллургического комплекса.

При подтверждении промышленных запасов железной руды в районе р. Щучья, оцениваемых предварительно в 120 млн. т, месторождение может быть признано достаточным для работы металлургического завода средней мощности, с годовой выплавкой чугуна в 1 млн. т.

Весьма важным является наличие в этом районе сырьевых ресурсов для черной металлургии — флюсов, кварцевых песков, огнеупорных глин, молибдена, ванадия и др.

Исключительно благоприятным условием является близость Печорского каменноугольного бассейна, ряд месторождений которого дает высококачественные коксующиеся угли. Наличие железной дороги протяженностью 300 км, связывающей Печорский каменноугольный бассейн с Лабитнанги, сближает железорудную и топливную базы.

Эти благоприятные условия дают возможность организовать на севере Тюменской области производство металла на базе местных руд и кокса из печорских углей.

При условии строительства тепловой электростанции с приемлемым для энергоемких отраслей уровнем стоимости электроэнергии возможна организация электродоменной металлургии. Максимальная производительность электродоменных печей за рубежом — 200 т чугуна в сутки. Советскими инженерами были произведены расчеты строительства более мощных по производительности печей — до 800 т чугуна в сутки. В качестве восстановителя в электродоменной плавке возможно использование кокса, коксовой мелочи, бурого угля.

При примерном равенстве расхода руды и флюса на тонну чугуна, электродомна, в отличие от обычной, расходует топливо лишь на восстановительные процессы и науглероживание железа, поэтому расход топлива сокращается больше чем в 2 раза (800—880 кг кокса при обычной доменной плавке и 340 кг при электродомне); расход электроэнергии — 2200—2800 кВт·ч на тонну чугуна. Электродоменная плавка возможна при примерном равенстве стоимости 4—5 кВт·ч электроэнергии стоимости 1 кг кокса.

Электродоменная плавка дает, кроме того, 600—700 м³ газа с теплотворной способностью 2200—2300 ккал/м³, который может быть использован в ряде отраслей промышленности.

В Заполярном металлургическом комплексе могут быть намечены следующие направления:

- 1) тепловая станция с производством электроэнергии, доступной по стоимости для электродоменного производства. При четырех доменных печах производительностью по 800 т чугуна в сутки каждая (выплавка 1 млн. т чугуна в год) мощность электростанций, необходимая для доменного цеха, составит 500 тыс. кВт;
- 2) железорудное хозяйство с добычей подготовленной (обогащенной и агломерированной) руды около 2 млн. т в год;
- 3) добыча нерудных ископаемых для металлургического производства;
- 4) металлургический завод с выплавкой чугуна в электродоменных

печах на коксе из печорских углей из местных, предварительно обогащенных руд, с переделом чугуна в сталь в электрических и мартеновских печах и с производством проката;

5) химическое производство на базе использования газов электродоменной плавки, содержащих при использовании в качестве восстановителя кокса до 77% окиси углерода и до 5% водорода.

Развитие промышленно-энергетических узлов Тюменской области следует разделить на следующие четыре этапа:

Первый этап — ввод в эксплуатацию торфяных электрических станций на юге области в целях быстрого покрытия дефицита в электроэнергии наиболее развитых районов области и создания условий для дальнейшего развития производительных сил.

Второй этап — последующий ввод тепловых электрических станций, работающих по энерготехнологической схеме использования северососьвинских бурых углей, обеспечивающий индустриальное развитие комплекса лесной и лесоперерабатывающей промышленности и передачу электроэнергии на Урал.

Третий этап — создание Обь-Печорской энергосистемы на базе увеличения мощностей тепловых электростанций комбината «Воркугауголь» и строительства тепловой станции в Заполярье.

Четвертый этап — развитие электрических связей между станциями и формирование Тюменской энергетической системы с последующим включением ее в единую энергетическую систему Сибири и Урала.

Таким образом, развитие трех энергетических узлов в Тюменской области обеспечивает, во-первых, благоприятные технико-экономические показатели выработки тепловой и электрической энергии, применительно к конкретным нуждам районов; во-вторых, строительство электростанций в районах потребления тепловой и электрической энергии и, в-третьих, формирование ряда крупных промышленных комплексов, которые будут являться основой специализации промышленного производства области.

Освоение энергетических ресурсов Тюменской области не имеет целью вывоза топлива в другие районы страны. Задача сводится к тому, чтобы на базе существующих энергетических ресурсов создать мощную энергетическую систему, обеспечивающую внутриобластные потребности в тепловой и электрической энергии новых крупных промышленных комплексов, а также передачу большей части электроэнергии на Урал.

Западно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
15/1 1958

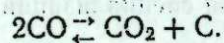
В. П. СОЛОНЕНКО

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГРАФИТА

Графит, в отличие от других твердых полезных ископаемых, связанных с метаморфическими и изверженными горными породами, обладает большой геологической подвижностью не только при изменении фазового состава, но и в твердом виде. Поэтому наблюдения над взаимоотношением графита и минералов вмещающей породы, которым обычно придается большое значение в определении генезиса графита, практического значения не имеют. Они не дают возможности ни подтвердить, ни опровергнуть более раннее или более позднее образование графита по сравнению с жильными минералами.

Особенно показательна в этом отношении продолжавшаяся более двух десятилетий дискуссия о генезисе украинских месторождений графита между сторонниками эпигенетического [1—4] и сингенетического [5—7 и др.] происхождения графита. Даже одни и те же исследователи находили достаточный материал для доказательства сначала эпигенетического (В. Лучицкий до 1929 г.), а затем сингенетического образования графита (он же после 1929 г.).

Графит — один из немногих минералов, которые довольно легко получают не только в экспериментальных, но и в заводских условиях. Большинство специалистов считает, что искусственный графит образуется по реакции Будуара:



Однако этой реакцией многие исследователи стали объяснять происхождение и природного графита, что обусловлено, с одной стороны, простотой реакции, с другой, участием в природных условиях значительного количества CO_2 в магматическом процессе возможностью объяснить пополнение запасов CO и CO_2 в магматических продуктах. Эти исследователи не учли, что искусственный графит получается в условиях, существование которых в природе, во всяком случае в геологической обстановке изученных месторождений, невероятно.

До настоящего времени пользуется признанием классификация месторождений графита В. И. Лучицкого [6], однако она страдает геологической неопределенностью. Даже сторонники ее часто затрудняются отнести то или иное месторождение к какому-либо определенному типу. В классификации не находят себе места гидротермальные и некоторые другие типы месторождений.

Более соответствует геологии месторождений графита классификация «Морфогенетических типов графитовых проявлений» Х. М. Абдуллаева и др. [8], хотя в классификации, и особенно в объяснениях к ней, авторы допустили ряд неточностей.

Учитывая существующие классификации месторождений графита, геологию графитоносных пород и происхождение углерода, можно предложить следующую классификацию месторождений графита.

I. Органогенно-сингенетические: 1) графитизированные угли, 2) графитовые кристаллические сланцы и гнейсы.

II. Органогенно-эпигенетические: 1) ретроградно-конденсационные, 2) гидротермальные, 3) сублимационные, 4) неясного генезиса.

III. Вторичные месторождения: 1) валунные руды, 2) остаточные графитовые глины, 3) тектонические графитовые глины.

Месторождения графитизированных углей имеют возраст преимущественно от каменноугольного периода (Полтавское, Брединское и другие на Урале, Крэгмен в Шотландии) до третичного (Карсуарсук в Гренландии).

Контактный метаморфизм, обуславливающий графитизацию углей, может быть вызван породами любого состава, от ультраосновных (Карсуарсук) до кислых (Сонора, Мексика), и различных фаций глубинности. Несмотря на столь разнообразные условия формирования месторождений графита, для них характерна одна общая черта — при метаморфизме пластов угля образуются месторождения только скрытокристаллического графита.

Переход угля в графит совершается постепенно и может произойти только при совместном действии давления, высокой температуры и гидротермальных растворов на залежи угля, находящиеся в определенных геологических условиях и предварительно подготовленные к графитизации геологическими процессами [9, 10].

Процесс перехода угля в графит является непрерывно-прерывистым. В природе можно проследить непрерывные переходы: бурый уголь — каменный уголь — антрацит — углерод с промежуточными свойствами между антрацитом и графитом — графит. Следовательно, к данному генетическому типу графита может быть применен термин «графитизированный уголь». Прерывистость процесса выражается в качественном скачке свойств углеродного вещества, причем этот скачок связан с возникновением определенных кристаллических связей между молекулами углерода, которые упрочняются при дальнейшем метаморфизме. Подвижность углерода при этом понижается, что является одной из причин слабой раскристаллизации графита, образовавшегося при метаморфизме углей.

До накопления обширного геологического материала источником углерода графита кристаллических сланцев и гнейсов почти все исследователи признавали магму. Особым признанием пользовались карбонильная теория Е. Вейншенка и карбидная теория Е. Рышковица, хотя уже в конце прошлого столетия И. Седерхольм [11] относил по меньшей мере часть углерода графитовых гнейсов Финляндии к органогенному.

По мере накопления геологических наблюдений в графитоносных районах исследователи постепенно стали отходить от магматической теории происхождения графита кристаллических сланцев и гнейсов.

А. Лайтакари [12] пришел к убеждению, что месторождения графита Финляндии относятся к органогенно-сингенетическим, как и месторождения Баварско-Богемской провинции. Д. П. Сердюченко [7, 13] и И. В. Дубына [5] определенно говорят об органогенно-сингенетическом происхождении графита Украины.

Вместе с тем в последней сводной работе по графитовым месторождениям СССР И. А. Шапиро [14], не имея уже возможности отрицать органическую природу графита сланцев и гнейсов, относит этот тип месторождений к смешанным — пневматолито-метаморфическим. Изучение месторождений графитовых гнейсов и сланцев Восточной Сибири и

Дальнего Востока привело нас к выводу о несомненном органогенно-сингенетическом происхождении их [15, 16]. Х. М. Абдуллаев, И. Х. Хамрабаев и М. Ш. Шарафиев [8] региональную графитизацию узбекистанской графитовой провинции вполне обоснованно связывают с метаморфизмом битуминозных и углистых осадков. Месторождения графитовых гнейсов и сланцев Урала в последнее время также относят к метаморфическому типу.

Таким образом, все советские геологи, в последнее время детально изучившие крупнейшие графитоносные районы, часто независимо друг от друга пришли к мнению об органогенно-сингенетическом происхождении графита сланцев и гнейсов.

Вместе с тем в сводных работах до настоящего времени нередко отводится если не решающая, то существенная роль в формировании этих месторождений углероду магматического происхождения. Зарубежные геологи часто объясняют происхождение графита по Вейншенку, Рышковичу, а если эти теории невозможно применить, то по теории Винчелла — за счет разложения карбонатов.

А. Бэтман [17], не опровергая возможности образования графита за счет органического материала, все же считает, что нахождение графита в докембрийских породах подтверждает неорганическое происхождение его.

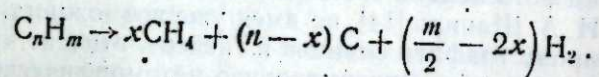
До последнего времени вообще одним из основных возражений против органогенно-сингенетического образования архейских графитовых месторождений являлась недоказанность органической жизни в архее, хотя уже в конце прошлого столетия И. Седерхольм [11] в архее Финляндии обнаружил графитизированные остатки примитивных растений *Soredium enigmaticum* Sederh.

Органическая природа углерода этого графита, на основании изучения соотношения изотопов C^{12}/C^{13} и содержания CuO , V_2O_5 и MoO_3 , установлена К. Ранкама [18].

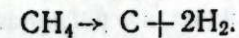
Перемещение органического углерода происходит при различных эндогенных процессах как в виде углеводородных соединений, так и в элементарном состоянии. В зависимости от способа перемещения углерода, физико-химических условий, в которых протекает процесс, и длительности его возникает тот или иной тип органогенно-эпигенетических месторождений графита. Органическую природу углерода эпигенетических месторождений доказывает связь месторождений только с формациями, содержащими битуминозные или углистые породы.

Изучение геологии ряда месторождений графита Восточной Сибири и Дальнего Востока показало, что часть месторождений по своим генетическим и морфологическим признакам не укладывается ни в один генетический тип существующих классификаций месторождений полезных ископаемых. Такие месторождения приурочены к экзоконтактной и эндоконтактной зонам интрузий различного состава и названы нами ретроградно-конденсационными.

Образование ретроградно-конденсационного графита представляется в следующем виде. При внедрении интрузивных пород происходит прогрев вмещающей первично-осадочной толщи, что обуславливает повышение давления паров углеводородов. В наиболее прогретой экзоконтактной зоне, а позднее и в эндоконтактной, происходит разложение углеводородов:



При высоких температурах может происходить распад CH_4 :



Таким образом, в результате разложения углеводородов возникают углерод и водород. Углерод, имеющий высокую температуру кристаллизации, образует графит, а водород и, возможно, легкие углеводороды, как весьма подвижные компоненты, улетучиваются. В результате в наиболее прогретой контактной зоне давление паров углеводородов ниже, чем в удалении от контакта, и вопреки нормальному направлению перемещения паров движение их происходит из мест с пониженной температурой в места с повышенной.

Поскольку ретроградно-конденсационный процесс протекает в прогретых породах и является одним из видов контактовых процессов, то, естественно, он может иногда идти одновременно со скарированием пород. Это совпадение во времени образования скарнов и графита до настоящего времени вводит в заблуждение геологов, рассматривающих графит скарнов как продукт скарирования и разложения карбонатных пород.

Ретроградно-конденсационные месторождения графита представлены линзообразными залежами, гнездами и другими неправильной формы телами, вытянутыми вдоль контакта интрузии. Графит — чешуйчатый, листоватый, стеблевидный.

В результате ретроградной конденсации образовались месторождения Алыгджерской группы в Восточном Саяне (в связи с основными и ультраосновными породами), по-видимому, часть месторождений Западного Узбекистана (в связи с габброидными, реже — гранитоидными интрузиями), канадские месторождения Калабоджи (Онтарио) и провинции Квебек (в связи с гранитами, снититами, диабазами) и ряд других.

Образование чешуек графита в глубоко метаморфизованных породах идет по принципу ретроградной конденсации: точки, где начинается образование графита за счет разложения углеводородов, являются точками пониженного давления паров последних. Сюда устремляются из соседних участков пары углеводородов, не успевших еще распасться.

До настоящего времени в сводных работах выделяются магматические месторождения графита, причем в качестве наиболее типичного примера собственно магматических месторождений приводится Ботогольское [8, 19, 20]. Это представление о генезисе ботогольского графита, как показали детальные исследования месторождения [21—23], удерживается вопреки всем геологическим фактам, наблюдаемым на Ботогольском гольце, где не только графит, но и часть щелочных и нефелиновых снититов имеют гидротермальное и гидротермально-метасоматическое происхождение [23].

Гидротермальные месторождения графита имеются и в других районах Восточной Сибири и Дальнего Востока (Жан-Балыкское, Архабомское, Цаган-Угунское, Приольхонское и др.). Кроме того, на месторождениях графитовых гнейсов и сланцев обнаруживаются кварцевые жилы с распыленным графитом, кальцит-графитовые, графит-диопсид-скаполит-кальцитовые и т. п. прожилки. Крупные концентрации гидротермального графита образуются только за счет щелочных растворов [23].

Х. М. Абдуллаев [24] относит к гидротермальным ряд месторождений Западного Узбекистана. Характерно, что в связи с гранитоидами графитовые месторождения появляются в том случае, если есть отклонение состава гранитоидов в сторону щелочных пород [8]. Х. М. Абдуллаев считает, что образование графита в гидротермальных растворах идет по реакции Будаура. Вместе с тем и в Узбекистане месторождения

графита образуются только в связи с регионально развитыми битуминозными породами, что может указывать на органическое происхождение графитового углерода.

Судя по описанию, известные цейлонские месторождения относятся к органогенно-эпигенетическим гидротермальным месторождениям. Месторождения связаны с кондалитовой серией архея, залегающей на бинтенских гнейсах и перекрытой ваннийскими гнейсами. Все эти толщи прорваны чарнокитами и многочисленными жилами гранитов и пегматитов [25].

По всем признакам, кондалиты являются источником углерода для цейлонских месторождений графита. Органогенно-сингенетическая природа графита кондалитов подтверждается региональной графитизацией последних на Индийском кристаллическом щите. Несмотря на то, что пегматиты развиты и среди бинтенских и ваннийских гнейсов, графит в них не образуется. В таких случаях обычно пытаются объяснить отсутствие графита в пегматитах или других образованиях формированием этих образований в окислительных условиях. Наличие чарнокитов и пиритизированных пегматитов в гнейсовых формациях показывает, что формирование интрузий и постмагматические процессы протекали в резко восстановительной среде. Следует также отметить, что в гнейсовых формациях имеются карбонатные породы. Следовательно, к цейлонским месторождениям неприменима теория образования графита за счет разложения карбонатов с последующей реакцией Будуара.

Графитовые пегматиты цейлонских месторождений с промышленной концентрацией графита имеют существенные признаки гидротермальных образований. Они содержат в себе такие минералы, как кальцит, пирит, иногда имеют переходы к жилам кальцита [26, 27], что в свое время дало повод для выделения на Цейлоне «магматических известняков». Реакции растворов, богатых летучей фазой, с боковыми породами обусловили обогащение их углеродом. Кроме того, обогащение рудных тел происходило за счет сублимационного и ретроградно-конденсационного графита. Грубопластинчатый графит крупных жил, связанный с пегматитом, в примеси имеет гидротермальную ассоциацию минералов.

Месторождения Курунегале, Гале, Кулутра и ряд других приурочены к мощным зонам разлома, что также указывает на необычное происхождение цейлонских графитовых пегматитов.

Магма, проникая через осадочно-метаморфические породы, не только способствует разложению углеводородов графита, но и обуславливает сублимацию последнего. Сублимационный графит образует многогранные сростки, крупные зубчатые кристаллы, дендриты, радиально-лучистые и т. п. агрегаты в изверженных породах, тонкие прожилки и корки графита по трещинам первичной отдельности тех же пород, лучистые и листоватые агрегаты в пегматитах, иногда прожилки в метаморфических породах и графитовых рудах иного генетического типа. Для этого графита характерно рыхлое сложение, часто свободный рост кристаллов от стенок и исключительная чистота (содержание углерода до 98%, золы почти нет, примеси Н, N, O, H₂O).

До настоящего времени остается неясным образование графита в связи с алмазоносными породами, как и образование самих алмазов. Происхождение углерода обоих минералов при совместном их нахождении остается невыясненным за исключением одного случая — месторождения Крэгмен, где каменный уголь под воздействием андезитов метаморфизован до графита с алмазами [28]. Таким образом, в единственном случае, когда имеется возможность с уверенностью говорить о происхождении углерода алмаза, углерод является органическим.

Характерно, что все известные алмазоносные перидотиты, кимберлиты и другие породы прорывают толщи битуминозных или углистых осадочных или метаморфических пород. В районе некоторых кимберлитовых трубок углеродосодержащие породы отсутствуют, но они обнаруживаются в обломках пород, заключенных в кимберлиты.

Таким образом, как будто намечается генетическое родство между органогенным углеродом осадочных или метаморфических пород, графитом и алмазами. В этом отношении заслуживают внимания взгляды С. Губелина [29] и Р. Мозебаха [30]. С. Губелин считает, что алмаз образуется в постмагматическую фазу при высокой температуре и под высоким давлением в условиях возможного движения растворов. Р. Мозебах на основании минералогии алмаза из синей земли кимберлитовых трубок считает возможным его гидротермальное происхождение. Следует еще отметить, что графит в алмазах и алмазоносных породах представлен в виде очень мелких кристаллов, в то время как при магматических температурах образуется крупночешуйчатый и плотнокристаллический графит. Все это может указывать на постмагматическое образование графита за счет углерода, захваченного растворами из вмещающих пород. Во всяком случае в настоящее время нет веских доказательств в пользу неорганического происхождения углерода графита алмазоносных пород. Поэтому подобный графит пока условно может быть отнесен к группе органогенно-эпигенетического графита, геологические условия образования которого остаются неясными.

К группе вторичных месторождений относятся месторождения выветривания: обломочные — валунные руды, остаточные и тектонические графитовые глины. Происхождение последних типов руд нельзя полностью связывать с экзогенными процессами, так как образование графитовых глин зависит не только от процессов выветривания, но и от тектоники, а иногда и от гидротермальной деятельности.

На месторождениях графитовых гнейсов и сланцев довольно широко распространены остаточные графитовые глины. Территориальную связь графита и каолина сторонники магмато-эпигенетической теории рассматривают как парагенетическую связь. Условия образования графитовых глин освещены в ряде работ [5, 13, 31], поэтому мы здесь отметим лишь, что при глубокой разведке месторождений Украины, Уссурийского района, о. Мадагаскар и др. точка зрения сторонников теории эпигенетического происхождения графита гнейсов и сланцев не подтвердилась. Графитовые остаточные глины на глубине постепенно переходят в графитовые гнейсы и сланцы.

Мощность остаточных графитовых глин на украинских и мадагаскарских месторождениях достигает 60 м, на уссурийских — 10—12 м.

Почти каждый разлом, пересекающий породы с высоким содержанием графита, сопровождается тектонической графитовой глиной, которая впервые была выделена нами при изучении уссурийского графитового района [15, 31], а позднее установлена нами также на малохинганских и других месторождениях [10].

Тектоническая графитовая глина при тектонических напряжениях отличается исключительной подвижностью, вследствие чего создаются весьма своеобразные структуры пластической тектоники [31].

Восточно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
27/XI 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Безбородько, Графито-железо-каолиновые месторождения в Первомайском уезде Одесской губернии. Изв. Укр. отд. Геол. ком., вып. 6, 1925.
2. Н. Лаврович, К вопросу о генезисе украинских месторождений графита. Мин. сырье, № 3, 1931.
3. Ю. Половинкина, Материалы к характеристике графитового месторождения балки Власовой. Мат. общ. и прикл. геол., вып. 134, 1929.
4. И. Танатар, Полезные ископаемые Днепропетровской области. Днепропетровск, 1934.
5. И. В. Дубына, Графитовые месторождения Украинской ССР. Харьков, ГОНТИ, 1939.
6. В. Лучицкий, И. Орешкин, Р. Гецева, Характеристика и классификация главных месторождений графитов. Мат. ВИМС, 1936.
7. Д. П. Сердюченко, О генетических отношениях графита Старокрымского месторождения Мариупольского округа в связи с общей проблемой на Украине. Изв. Донецкого политехн. ин-та, т. 14, 1930.
8. Х. М. Абдуллаев, И. Х. Хамрабаев, М. Ш. Шарафиев, К вопросу о графитизации в горах Кульджук-Тау. Зап. Узбекист. отд. Всес. Мин. об-ва, вып. 4. Изд. АН УзССР, Ташк., 1953.
9. В. П. Солоненко, Геология месторождений графита В. Сибири и Д. Востока. Госгеолиздат, М., 1951.
10. В. П. Солоненко, Геология графитоносной толщи Нижнетунгусского прогиба. Тр. ВСФАН СССР, сер. геол., вып. 1, 1954.
11. I. I. Sederholm, Ueber eine archaische Sedimentformation im sudwestlichen Finland und ihre Bedeutung für die Erklärung der Entstehungsweise des Grundgebirges. Comm. Geol. Finlande. Bull. № 6, 1887.
12. A. Laitakari, Die Graphitvorkommen in Finland und ihre Entstehung. Geol. Comm. Geotekn., № 40, Helsinki, 1925.
13. Д. П. Сердюченко, Старокрымский графитоносный район. Всес. НИИ Мин. сырья, 1936.
14. И. А. Шапиро, Графит. Неметаллические полезные ископаемые СССР, т. 5, М.—Л., 1941.
15. В. П. Солоненко, Новый графитоносный район. Разв. недр, № 1, 1948.
16. В. П. Солоненко, Основные закономерности стратиграфического и геотектонического положения графитоносных пород Востока СССР. ДАН СССР, т. 75, № 4, 1950.
17. A. M. Wafman, The Formation of Mineral Deposits. New-York — London, 1951.
18. K. Rapkama, New evidence of the origin of precambrian carbon. Bull. of the Geol. Soc. of Amer., v. 59, № 5, 1948.
19. В. С. Веселовский, Графит. Треб. пром. к кач. мин. сырья, вып. 3, Госгеолиздат, 1946.
20. П. М. Татарнинов, Условия образования месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Госгеолиздат, М., 1955.
21. В. С. Соболев, Н. А. Флоренсов, О генезисе ботогольского графита. Сов. геол., № 36, 1946.
22. В. П. Солоненко, В. С. Соболев, Г. П. Славини, Н. А. Флоренсов, Ботогольское месторождение графита и перспективы его использования. ОГИЗ, Иркутск, 1947.
23. В. П. Солоненко, Генезис щелочных пород и графита Ботогольского массива. Изв. АН СССР, сер. геол. № 6, 1950.
24. Х. М. Абдуллаев, К генезису тасказыганского графита. ДАН СССР, т. 65, № 2, 1949.
25. М. С. Кришнан, Геология Индии и Бирмы. ИЛ, М., 1954.
26. A. Soomaraswamy, The crystalline limestones of Ceylon. Quart. J. of the Geol. Soc. of London, 1907.
27. D. W. Wadia, Brief account of the mineralogy of the graphite-deposits of Ceylon. Mineral. Mag., v. 27, № 193, 1946.
28. F. Petraschek, Das Vorkommen der Kohlen. Handbuch. der Mineralchemie, Bd. 4, T. 3, 1931.
29. S. Gubelin, Inclusions as a means of gemstone identification. Los Angeles, 1953.
30. R. Mosebach, Chemie der Erde. Bd. 16, Hf. 2, Jena, 1953.
31. В. П. Солоненко, Вопросы тектоники докембрийского фундамента складчатой зоны. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4, 1950.

В. И. СИНЯКОВ

ОБ УГЛОВОМ НЕСОГЛАСИИ ВНУТРИ ОРДОВИКА
ГОРНОЙ ШОРИИ

В Горной Шории отложения ордовика в настоящее время известны уже во многих местах: по рекам Амзас, Б. Каз, Тельбес, Кондома (у пос. Белый Камень), Б. Таз и М. Таз, Большая Речка (вблизи пос. Викториевка), а также в бассейне верхнего течения рек Лебедь и Кондома. Относятся они к нижнему и среднему ордовика; верхний ордовик в Горной Шории пока достоверно не установлен.

Первые отложения ордовика (нижнего силура) были изучены в 30-х годах К. В. Радугиным [1] по разрезу р. Амзас. Долгое время это был единственный разрез ордовика в Горной Шории. К. В. Радугин расчленяет здесь ордовиковские отложения на две формации: амзасскую (вверху) и алгаинскую (внизу). К амзасской формации им отнесены зеленовато-серые известковистые песчаники, серые оолитовые и песчаные известняки, черные глинистые сланцы и аркозовые песчаники. В этих отложениях встречается фауна брахиопод, трилобитов и гастропод среднего ордовика; мощность формации достигает 300 м. Алгаинская формация представлена зеленовато-серыми, реже красноватыми песчаниками и глинистыми сланцами, пестроцветными известняками с редкими трилобитами. В основании формации залегают конгломераты с прослоями песчаников и разнообразной галькой известняков, эффузивов и гранитоидов. Формация относится к нижнему ордовика, мощность ее 700—800 м.

К. В. Радугин считает, что ордовиковские отложения налегают на фаунистически охарактеризованные отложения верхнего кембрия с явным несогласием через базальные конгломераты. Что касается взаимоотношения амзасской и алгаинской формаций, то он полагает, что амзасская формация, «вероятно, лежит несогласно на нижележащей», но что это пока не доказано [1, стр. 44].

Последующие исследования К. В. Радугина (1947 г.) не изменили общего представления о литологии и стратиграфии ордовика Горной Шории. По вопросу о несогласии между амзасской и алгаинской формациями новых данных не было получено. На тектоно-стратиграфической схеме К. В. Радугина этих лет между формациями указывается предполагаемый перерыв.

Таким образом, К. В. Радугин еще в 1936 г. высказал предположение о существовании между нижним и средним ордовиком в Горной Шории перерыва в отложении, а возможно, и несогласия. Эти представления отражены в «Стратиграфическом словаре СССР» [2]. Однако убедительных доказательств существования несогласия ни у К. В. Радугина, ни у более поздних исследователей Амзасского разреза не было. Не обнаружили несогласия внутри ордовика палеонтологи ЗСГУ А. Г. Пospelов и Е. С. Федянина, изучавшие разрезы по р. Амзас в 1955 г.

В других разрезах, исследованных в последние годы в Горной Шории, ордовик представлен только нижним отделом. В 1952—1953 гг. автором статьи совместно с Е. С. Федяниной были изучены отложения ордовика

в бассейне р. Б. Каз. (Левый криток р. Тельбес). Фаунистически охарактеризованный ордовик представлен здесь нижним и верхним тремадоком, имеет мощность около 2000 м и сложный разрез. В нем выделяются (снизу вверх): а) пестроцветные алевролиты и песчаники нижнего тремадока, мощностью около 350 м с фауной трилобитов *Harpides* Beyrich, *Hustricurus* sp., *Dikelocephalospis poletaevi* sp. nov. и брахиопод *Eorthis aff. texana* Walcott; б) ритмично переслаивающиеся флишеподобные отложения, карбонатные в нижней части и песчано-глинистые в верхней, мощностью более 700 м, с фауной трилобитов *Promegalaspides kinnekulensis* var. *gladiensis* nov. var., *Dikelocephalus* sp., *Agnostus* ex. gr. *pisiformis*, *Harpides* sp., *Haniva elegans* var. *narrowia* n. sp. et n. var. и др.; в) кварцевые песчаники с редкими галечками мартитизированного магнетита мощностью 10—15 м; г) толща аркозных песчаников мощностью 220 м; д) алевролиты и аргиллиты, мощностью более 700 м, с обильной фауной трилобитов верхнего тремадока *Apatokephalus schoriensis* Poletaeva, *Macropyge* sp., *Harpides rugosus* Sars and Boeck., *Euloma monile* var. *minuta* n. var., *Promegalaspides sinjakovi* n. sp., *P. kinnekuelensis* var. *gladiensis* n. var., *Symphysurus andersoni* Troedson и др.

Для Казского разреза характерны отсутствие перерывов и более или менее однородный состав фауны, что указывает на непрерывность осадконакопления в этом районе в течение всего тремадока.

Сходный разрез нижнего ордовика по р. Кондома был описан Д. К. Осиповым в его диссертации (Томский политехнический институт, 1955 г.). Выделенная им здесь красноцветная свита отнесена по фауне брахиопод и трилобитов к переходным горизонтам от верхов верхнего кембрия к низам нижнего силура и, по-видимому, соответствует тремадоку. Отложения красноцветной свиты, мощностью 435 м, через мощные базальные конгломераты трансгрессивно налегают на нижнекембрийские образования. Выше конгломератов залегает довольно однообразная толща, сложенная, главным образом, полимиктовыми или аркозовыми песчаниками и алевролитами. Подчиненное значение имеют известняки и внутриформационные конгломераты. Крупные перерывы в осадконакоплении и тем более несогласия внутри выделенной свиты нижнего ордовика Д. К. Осиповым не отмечаются.

Таким образом, у большинства исследователей создалось представление о нижнем ордовике Горной Шории как о едином стратиграфическом комплексе, лишенном внутренних несогласий.

По вопросу о взаимоотношении нижнего ордовика со средним нет полной ясности. Высказанное в 1936 г. К. В. Радугиным предположение о существовании между нижним и средним ордовиком несогласия до настоящего времени оставалось недоказанным.

В 1955—1956 гг. нам удалось получить новый материал, который позволяет положительно решить этот вопрос.

Новые данные по стратиграфии ордовика были получены автором статьи совместно с М. Ф. Захарчук в результате крупномасштабного геологического картирования в районе Тазского железорудного месторождения (верховья рек Б. Таз и М. Таз). Отложения ордовика здесь широко распространены. Они развиты на участке междуречья Б. Таза и М. Таза, где слагают крупную синклиналию складку восток-северо-восточного простирания. Ордовик в Тазском районе представлен довольно полно и, как показали палеонтологические исследования Л. Г. Коньревой и З. Е. Петруниной (ЗСГУ), относится к нижнему и среднему отделам.

Залегают ордовикские отложения на красноцветных песчаниках верхнего кембрия с размывом и имеют в основании горизонт конгломератов.

Не преследуя цель дать полную литологическую и палеонтологическую характеристику ордовика Тазского района, мы приведем лишь его общий разрез.

Нижний ордовик в районе представлен (снизу вверх): а) зеленовато-серыми конгломератами, в основном крупногалечными. В гальках преобладают эффузивные породы (85% от общего количества), встречаются редкие гальки гранита и известняка. Мощность конгломератов 35 м; б) зеленовато-серыми песчаниками с прослоями алевролитов. Мощность толщи 200 м. В расланцованных алевролитах найдены трилобиты тремадока, представленные многочисленными представителями родов *Niobe* sp., *Promegalaspides* sp., *Ceratopyge* sp., а также *Macropyge* sp., *Harpides* sp. и др.; в) зеленовато-серыми и желтовато-бурыми алевролитами и глинистыми сланцами (мощность толщи 200 м) с обильной фауной трилобитов в верхней части разреза. Здесь найдены многочисленные представители родов *Symphysurus* sp., *Apatokephalus* sp., *Amzasskiella originalis* Pol., *Promegalaspides robustus* Pol., *Promegalaspides* sp. и др.; г) толщей конгломератов, состоящей из двух горизонтов, один мощностью 90 м, другой 30 м, разделенных 50-метровой пачкой расланцованных алевролитов. Конгломераты крупногалечные, среди галек преобладают граниты и порфириты, встречаются мелкие галечки известняка и роговика. Эти конгломераты хорошо сопоставляются с ордовикскими конгломератами р. Амзас. В пачке алевролитов, заключенной между двумя горизонтами конгломератов, встречаются остатки трилобитов — *Protopliomerops primigenus* Kob., *Apatokephalus* sp. indet., *Dikelocephalina* sp. и др. брахиоподы — *Eorthis* sp., *Finkelburgia* sp.; д) неравномернозернистыми, конгломератовидными песчаниками, которые постепенно сменяются вверх по разрезу песчаниками, алевролитами и сланцами, содержащими карбонатный материал. Мощность — 480 м. В зеленовато-серых сланцах обнаружены трилобиты и брахиоподы, представленные следующими формами трилобиты — *Apatokephalus* sp., *A. serratus* Sars et Boeck, *A. shoriensis* Pol., *Amzasskiella* sp. indet., *Ceratopyge forficula* Sars и др., брахиоподы — *Finkelburgia justa* sp. nov.

Разрез нижнего ордовика представлен, как можно видеть, только тремадоком, арениг здесь отсутствует. Общая мощность тремадока около 1100 м.

Средний ордовик в Тазском районе (также хорошо палеонтологически доказанный) залегает на отложениях нижнего, а местами и на кембрии, с угловым несогласием и имеет в основании базальные конгломераты мощностью 270 м. Выше конгломератов залегают: а) зеленовато-серые песчаники мощностью около 500 м с прослоями гравелитов, конгломератов; б) однообразная толща зеленовато-серых алевролитов мощностью более 700 м, карбонатизированных и расланцованных, с богатой фауной брахиопод, реже трилобитов. Среди брахиопод Л. Г. Коньревой определены *Sprophomena aff. incurvata*, *Pionodema cf. subaeguata* (Congrad), *Herbertella* sp., *Valcourea* sp., *Rostricellula aff. dorsata* Ulrich et Cooper, *Dinorthis* sp., *Amzassorthis togensis* subgen. et sp. nov. Трилобиты, по определению З. Е. Петруниной, представлены *Calyptaulax bellatulus* sp. nov. и семейством *Asaphidae*.

Общая мощность разреза среднего ордовика в Тазском районе достигает более 1500 м.

Итак, в пределах Тазского района на поверхность выходят два комплекса отложений ордовика, слагающие два структурных этажа: нижний

салаирский, и верхний, раннекаледонский. Общий план поведения этих структур в пространстве отображен на карте (рис. 1).

Складчатые структуры нижнего ордовика имеют северо-восточное и даже меридиональное простирание. Падение пород юго-восточное, углы падения колеблются от 50° до 80° . Отложения среднего ордовика, слагающие верхний структурный этаж, также имеют северо-восточное простирание и крутое падение на юго-восток и северо-запад. При этом, как и для нижнего ордовика, юго-восточное падение всюду является опрокинутым. Разница в интенсивности дислоцированности пород нижнего и среднего ордовика выражена слабо и распознается только при детальном изучении.

Угловое несогласие между отложениями среднего и нижнего ордовика в Тазском районе в условиях плохой обнаженности неуловимо в вертикальных разрезах, зато оно хорошо доказывается путем тщательного прослеживания отдельных маркирующих горизонтов (конгломератов нижнего и среднего ордовика) горными выработками на поверхности. На рис. 1 отчетливо видно, как базальные конгломераты среднего ордовика перекрывают различные породы нижнего. Простирание базальных конгломератов северо-восточное (60°), а нижнеордовикских отложений почти меридиональное, т. е. здесь имеется азимутальное несогласие. Очевидно, что нижнеордовикские отложения были собраны в пологие складки к началу формирования базальных конгломератов среднего ордовика. Контакт между средним и нижним ордовиком не может считаться дизъюнктивным, это доказывается отсутствием зон дробления и параллельностью перекрывающих пластов с поверхностью несогласия.

Перерыв между нижним и средним ордовиком подтверждает также довольно резкая смена фауны. По данным Л. Г. Кобыревой, в среднем ордовике происходит полное обновление родового и видового состава трилобитов и брахиопод и появление новых групп ископаемых остатков, неизвестных для нижнего ордовика.

Базальные конгломераты, которыми начинается новый цикл осадконакопления в среднем ордовике, обнажаются в крупном скальном обрыве на правом берегу р. Б. Таз примерно в 1,5 км ниже по течению от пос. Б. Таз. От правобережного выхода они простираются на северо-восток, обнажаются на водоразделе рек Б. Таз и М. Таз и дают небольшие коренные выходы на правом берегу р. М. Таз в 300—500 м ниже устья кл. Красноярка. Конгломераты имеют характерную вишнево-красную окраску. Нижняя часть разреза представлена крупногалечными конгломератами. Конгломераты характеризуются значительной сгруженностью галек и имеют однородное строение, прослойки песчаников и сланцев не наблюдаются. Вверх по разрезу замечается уменьшение размеров галек и обогащение конгломератов песчаным материалом. Здесь среди конгломератов можно встретить пачки красноцветных песчаников с редкой мелкой галькой и даже отдельные прослойки песчаника без галек.

Петрографический состав конгломератов весьма своеобразен; в гальках встречаются преимущественно осадочные породы — песчаники (46%), сланцы (24%), известняки (17%). Эти породы очень сходны с кембрийскими и нижнеордовикскими породами района, что указывает на размыв этих отложений в конце нижнего ордовика и начале среднего. Эффузивные породы в гальках встречаются редко, а гальки интрузивных пород в обнажениях и шурфах не обнаружены. Гальки имеют плоско-вытянутую и эллипсоидальную форму, в них наблюдается довольно ясная реликтовая трещиноватость.

В настоящее время базальные конгломераты среднего ордовика и горизонт конгломератов (с интрузивной галькой) нижнего ордовика про-

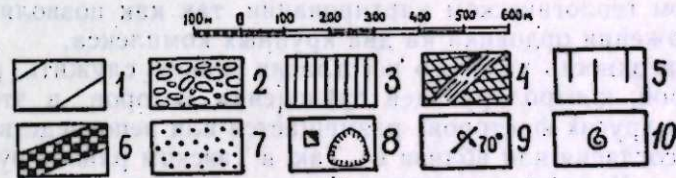
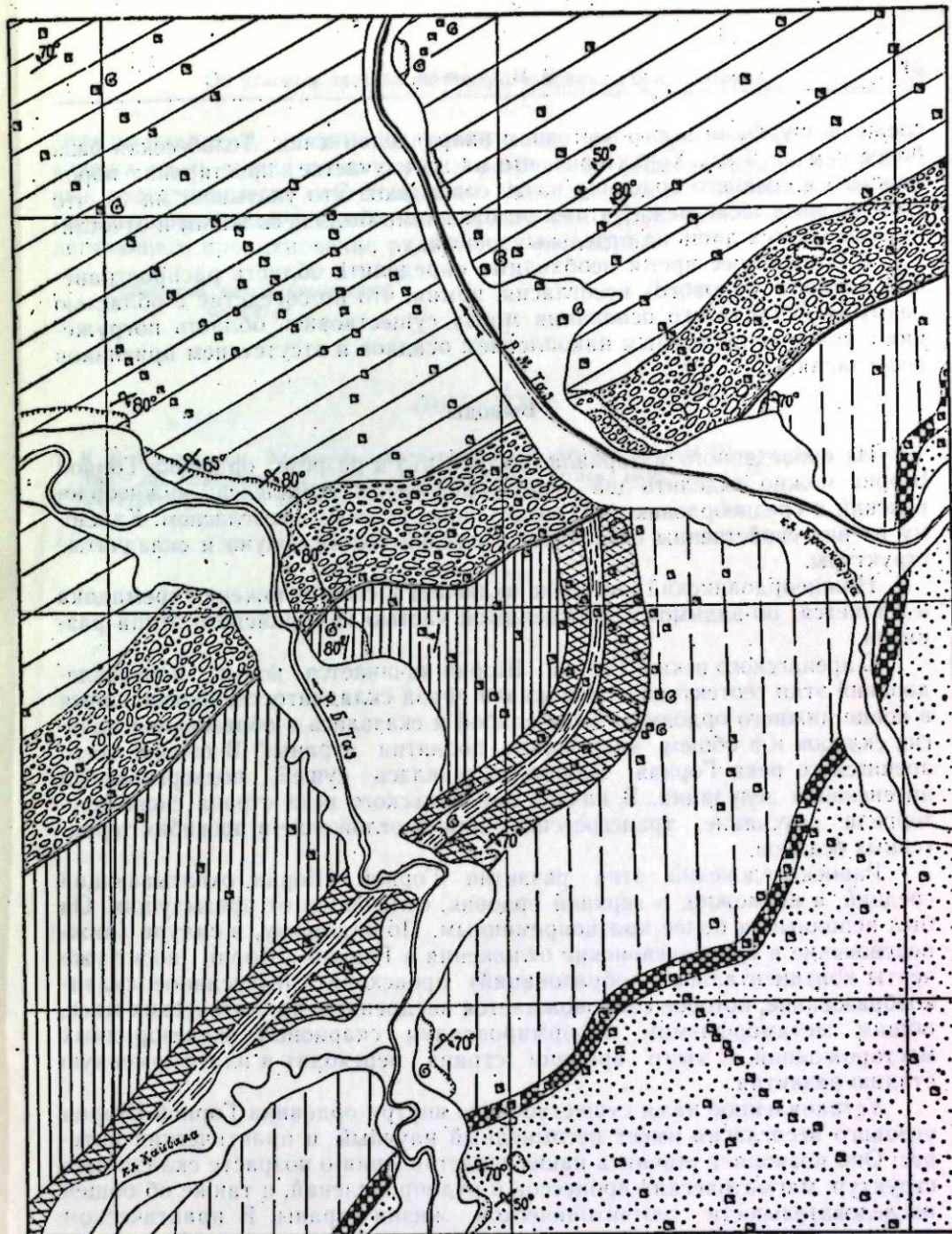


Рис. 1. Геологическая карта верхнего течения рек Б. Таз и М. Таз. (Составили В. И. Сняков и М. Ф. Захарчук, 1956 г.).

Средний ордовик: 1 — зеленовато-серый расслаиванный алевролит; 2 — красноцветные конгломераты. Нижний ордовик: 3 — серые и зеленовато-серые песчаники, 4 — зеленовато-серые конгломераты с прослойками расслаиванных алевролитов, 5 — алевролиты и глинистые сланцы, 6 — серые конгломераты. Верхний кембрий: 7 — красноцветные песчаники, 8 — шурфы и обнажения, 9 — элементы залегания пород, 10 — места сборов фауны.

слежены шурфами в юго-восточном направлении к пос. Тельбесская база более чем на 5 км. Характерно, что на этом участке простираются породы нижнего и среднего ордовика почти совпадают. Это указывает на то, что угловое несогласие между этими отложениями было небольшим и отчетливо проявляется лишь на отдельных участках.

В ближайшее время необходимо определить область распространения данного углового несогласия, помня, что по соседству с областью размыва складчатого основания могла существовать область погружения с почти непрерывным накоплением осадков и отсутствием признаков несогласия.

Выводы

Из приведенного материала следует, что в разрезе ордовика Горной Шории можно выделить два стратиграфических комплекса: нижнеордовикский и среднеордовикский, разделенные угловым несогласием. Каждому из них свойственны свои литологический состав, фауна и складчатые структуры.

Нижнеордовикский комплекс включает в себя отложения тремадока и является, по-видимому, неотделимой частью кембрийского этапа развития.

С аренигского века в Горной Шории начинается новый, раннекаледонский этап геотектонической жизни. Фаза складчатости, проявившаяся в конце нижнего ордовика, была слабой и сказалась в образовании пологих складок и в общем энергичном поднятии страны.* В течение всего аренигского века Горная Шория оставалась сушей, подвергавшейся интенсивной денудации. В начале ландейльского века страна снова претерпела опускание, трансгрессию моря и отложение в прогибах терригенных осадков.

Раннекаледонский этап развития Горной Шории, охватывающий средний, а возможно, и верхний ордовик, отличается от предыдущих. Он был неполным и более кратковременным. По-видимому, в силуре (нижнедевонские и среднедевонские отложения в Горной Шории носят уже черты континентальных образований) происходит интенсивное складкообразование, которое сопровождается внедрением магматических масс, общим метаморфизмом и формированием скарновых железорудных месторождений. С этого времени страна переходит в платформенную стадию развития.

Установленное нами существование внутри ордовика Горной Шории углового несогласия имеет несомненный научный и практический интерес. Оно позволяет уточнить наши представления о возрасте складчатых структур, магматических процессов и рудопроявлений, а также об общей последовательности геотектонической жизни страны. В практическом отношении это имеет большое значение при детальном и особенно мелкомасштабном геологическом картировании, так как позволяет расчленить все отложения ордовика на два крупных комплекса.

Сама поверхность углового несогласия может служить региональной структурой, контролирующей оруденение, которое в этом случае (при наличии других факторов) размещается или непосредственно у поверхности несогласия или вблизи ее. Так, в Тазском районе рудные тела месторождения Мостокол, вытянутые цепочкой среди диоритов в широтном направлении, лежат на продолжении границы углового несогласия и толщи базальных конгломератов среднего ордовика внутри интрузива.

* Есть основания предполагать, что с этой складчатостью были связаны также магматические проявления и даже оруденение.

Это, по-видимому, связано не только с тем, что скарновые магнетитовые залежи здесь могли возникнуть в результате ассимиляции красноцветных известняковых конгломератов Мостокольской интрузией, но и с ролью поверхности углового несогласия как структурного фактора, облегчающего проникновение рудоносных растворов.

Сибирский металлургический институт

Поступила в редакцию 22/X 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. К. В. Радугин, Элементы стратиграфии и тектоники Горной Шории. Мат. по геол. Зап.-Сиб. края, вып. 37, Зап.-Сиб. геол. трест, Томск, 1936.
2. Стратиграфический словарь СССР. М., 1956.

Е. В. ШУМИЛОВА

**МАТЕРИАЛЫ ПО МИНЕРАЛОГИИ
МЕЗОЗОЙСКИХ И КАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИИ
СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ
ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**

О геологическом строении района

Исследованию минералогического состава была подвергнута коллекция пород, собранная геологическим отрядом ЗСФАН СССР под руководством В. В. Вдовина из верхнемеловых, палеогеновых и четвертичных горизонтов, распространенных в бассейнах рек Б. Лайда (правый приток М. Хеты) и Соленая (правый приток Б. Хеты) (рис. 1). (М. Хета и Б. Хета — левые притоки Енисея, впадающие в него против населенного пункта Усть-Порт).

Геологическое строение района описано В. Н. Соколовым [1], В. Н. Саксом и З. З. Ронкиной [2], В. В. Вдовиным [3]. В. В. Вдовин летом 1956 г. провел со своим отрядом маршрутные геологические исследования района, дополнившие ранее известные материалы по этому вопросу.

Наиболее древние отложения были выделены В. Н. Соколовым в 1949—1950 гг. только в долине р. Б. Лайда, где он отнес их к нижнему горизонту и по содержащейся в этих отложениях фауне установил кампан-маастрихтский их возраст. Это песчаники зеленовато-серой, серой или буроватой окраски, глинистые, полимиктовые с цементом карбонатного или шамозитового состава, являющиеся прибрежно-морскими по генетическим свойствам.

В 1952 г. В. Н. Саксом [2] обследованы естественные обнажения в долине р. Б. Лайда и собрана богатая фауна кампан-маастрихтского возраста.

Залегающие выше пески с пропластками песчаников, отнесенные В. Н. Соколовым к среднему горизонту, отличаются, по мнению В. В. Вдовина, желтовато-серым, а в нижних слоях зеленовато-желтым цветом, наличием конкреций ожелезненного или сидеритизированного песчаника и изредка крупных обломков стволов окаменелых деревьев. В песчаных конкрециях В. В. Вдовиным были обнаружены отпечатки аммонитов и пелеципод. Особенности отложений указывают на мелководные морские условия их формирования. Возраст отложений был признан В. Н. Соколовым и В. В. Вдовиным также кампан-маастрихтским.

Самые нижние слои обнажений в долине р. Соленая В. В. Вдовин отождествляет с описанными выше, так как найденные им ядра пелеципод аналогичны встречающимся в среднем горизонте. В. Н. Соколов эти же отложения относит к нижнетретичным.

Верхний горизонт (по В. Н. Соколову), перекрывающий кампан-маастрихтские образования по р. Б. Лайда, имеет меньшее распростра-

нение. Устанавливается постепенный переход морских кампан-маастрихтских отложений к вышележащим континентальным пескам. В. В. Вдовин подчеркивает постепенность перехода однотипных, по его мнению, осадков и в районе р. Соленая.

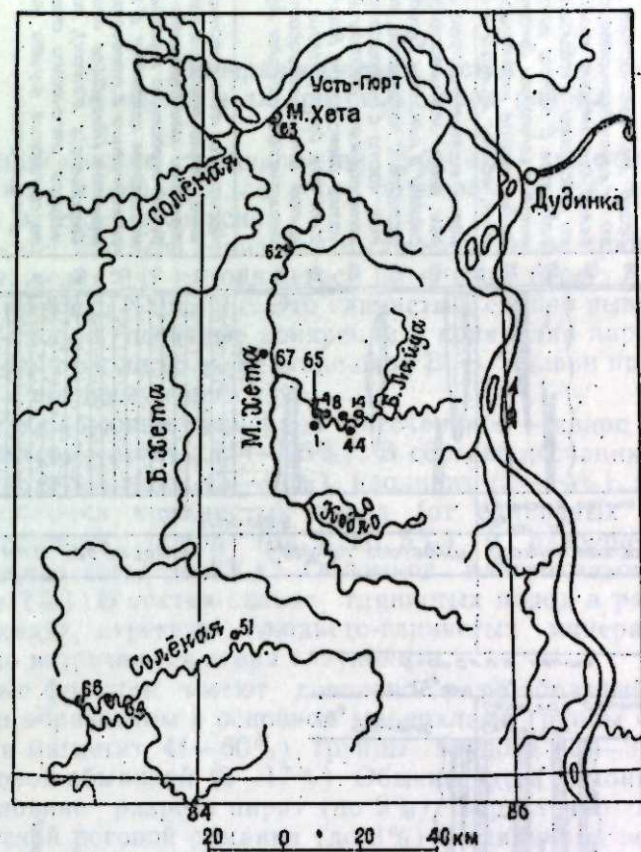


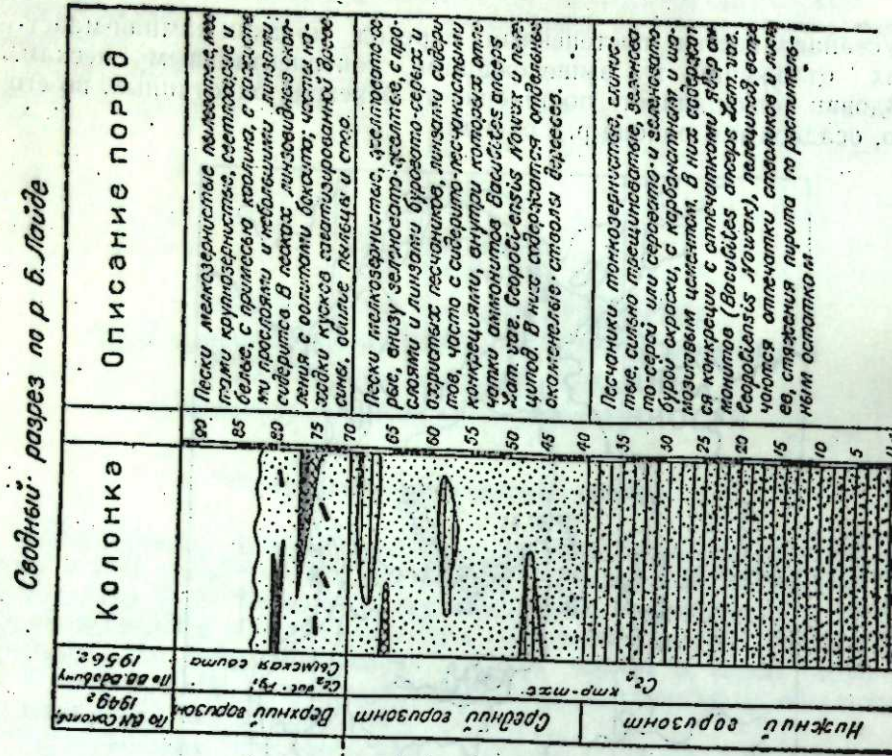
Рис. 1. Схема расположения изученных обнажений мезо-кайнозойских пород (составлена В. В. Вдовиным; цифра с точкой обозначает номер обнажения).

Пески верхнего горизонта характеризуются светло-серой или почти белой окраской, мелким или средним размером зерен, косой и горизонтальной слоистостью, а также прослоями, обогащенными углистым или сажистым материалом.

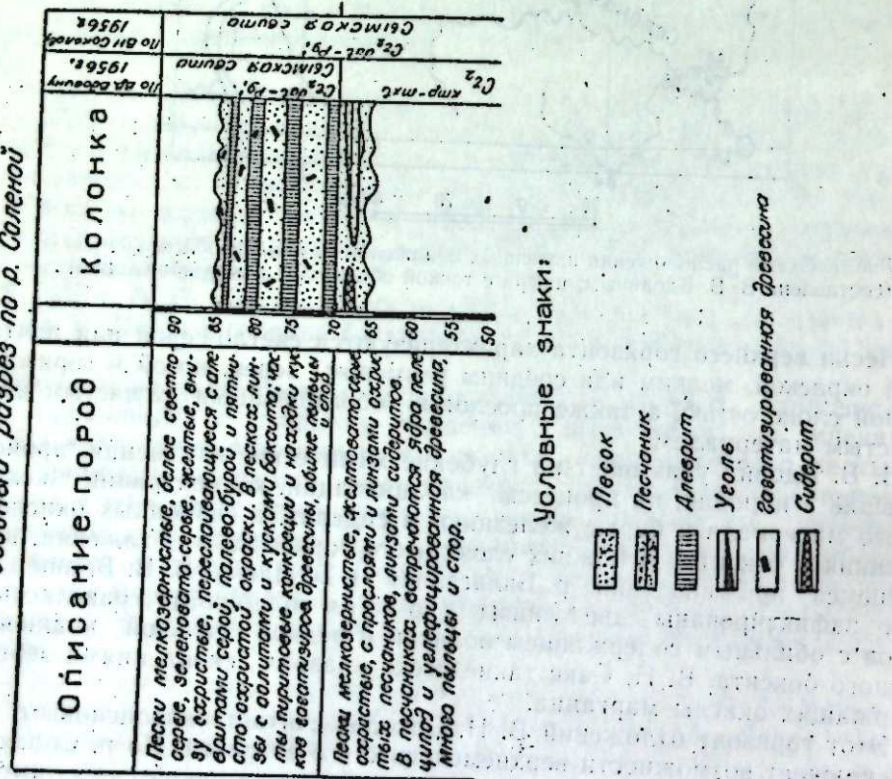
В. В. Вдовин указывает на глубокие химические изменения, происходившие в породах, на процессы каолинизации, концентрации железистого материала в бурые железняки и сидерит, а свободных окислов алюминия в бокситы. В нижних слоях этого горизонта в обнажении, находящемся при впадении р. Балаганная в Б. Лайду, В. В. Вдовиным были зафиксированы две линзы (до 15 см толщиной) гравелистых песков с обильным содержанием оолитин и редкой галькой вишнево-красного боксита. В. Н. Сакс такие пески назвал скоплениями зерен, содержащих окислы марганца.

Этот горизонт отложений В. Н. Соколов считает палеоценовым, но не исключает возможности верхнемелового его возраста. По р. Соленая все отложения мезозойских песков им отнесены к сымской свите, имеющей возраст датский ярус — палеоцен.

Сводный разрез по р. Б. Лайда



Сводный разрез по р. Соленой









- Условные знаки:
-  Песок
 -  Песчаник
 -  Алевролит
 -  Уголь
 -  Глауконитовый песчаник
 -  Сидерит

Рис. 2. Схема расчленения и сопоставления верхнемеловых отложений по рекам Соленой и Б. Лайда.

В. В. Вдовин считает пески верхнего горизонта также сымскими и сопоставляет разрезы р. Б. Лайда с разрезами р. Соленая как разновозрастные (рис. 2).

На различных уровнях описанного разреза отложений с резким разрывом залегают четвертичные образования различного фациального комплекса.

Минералогический состав
песчаных и алевролитовых пород района

Минералогические исследования фракций тяжелых и легких по удельному весу минералов для зерен размером от 0,25 до 0,01 мм производились методом иммерсии.

Отложения нижнего горизонта были изучены по тринадцати образцам из обнажения 14, находящегося на правом берегу р. Б. Лайда в устье ее притока р. Харалайнг. Это глинистые, сильно выветрелые песчаники, содержащие песчаные конкреции и конкреции пирита. Мощность их в обнажении около 16 м. Верхние слои В. В. Вдовин предположительно относит к среднему горизонту.

Породообразующие минералы песчаников — кварц (35—57%) и калиевые полевые шпаты (14—25%). В составе песчаников содержатся также бесцветные слюды (5—11%), каолинит (2—14%), зеленые слюды (1—8%), обломки кремнистых пород (от единичных зерен до 4%), хлоритизированных пород (от 1 до 5%) и разрушенные, неопределимые зерна (от 1 до 8%). Обломков плагиоклазов очень мало (не больше 2%). В состав сильно глинистых пород в различных количествах входят агрегаты слюдисто-глинистых минералов (до 23%). Очень редко встречаются зерна глауконита.

Тяжелые фракции имеют довольно разнообразный и постоянный состав. Они образованы в основном минералами группы черных рудных (ильменит и магнетит, 41—60%), группы эпидота (13—30%) и обыкновенной роговой обманкой (2—17%). Обычны здесь лимонит (2—6%) и в нижней половине разреза пирит (до 9%). Характерно наличие зерен базальтической роговой обманки (до 3%) и единичных зерен моноклинного пироксена. В составе тяжелых фракций постоянно присутствуют также следующие минералы (в количестве 1—2%): гранат, тремолит, турмалин, сфен, рутил, анатаз, хлоритонд и различные слюды. Почти постоянны андалузит и ставролит (от единичных зерен до 1%). Дистен, силлиманит и сидерит встречаются реже, часто отсутствуют. Циркон входит в состав в количестве 2—4%.

Более тщательный анализ минералогического состава пород (табл. 1) позволяет расчленить толщу изученных пород на два подгоризонта: верхний (образцы 1—5) и нижний (образцы 6—14). Для нижнего характерно присутствие пирита, глауконита, биотита и глинисто-слюдистых минералов, отсутствующих в верхнем. В верхнем подгоризонте отмечается большее содержание обыкновенной и базальтической роговой обманки.

Породы среднего горизонта были исследованы нами из двух обнажений. Обнажение 8 находится на правом берегу р. Б. Лайда, достигает 9 м высоты и складается мелкозернистыми песками с линзами песчаников, окрашенными в желтоватый или серый цвет. Цементом в песчаниках служит известково-сидеритовый материал. Характерно наличие конкреционных стяжений песчаника в разнообразной форме. В некоторых из них встречаются остатки фауны. Было проанализировано шесть образцов пород этого обнажения. Результаты исследований показали рез-

Минералогический состав пород (в%) из горизонтов верхнего мела, датского яруса —
Б. Лайда, Соленая и Еннсей

| Возраст | Название горизонта | Место взятия образцов | Минералогический состав (в%) | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|------------------------------|------------------------------|-------------------|---------|-------|-------------------------------|----------------|--------|---------|-----------|------------------------|------------------------|----------|-------------------------|---|
| | | | % тяжелой фракции | Ильменит-магнетит | Лимонит | Пирит | Разрушенное зерно и лейкоксен | Группа эпидота | Циркон | Сидерит | Туралинит | Обломки рогов, обманка | Щелочи, рогов, обманка | Тремолит | Базальт, рогов, обманка | |
| Четвертичные отложения | Речной аллювий | Аллювий р. М. Хета | 6,97 | 8 | 18 | 9 | + | * | | | 5 | | | | | |
| | | Аллювий р. М. Хета | 6,47 | 12 | 2 | 7 | 5 | + | | | 14 | | | + | 2 | |
| | | Аллювий с. устья р. Яд | 12,57 | 6 | 7 | 6 | + | + | | | 6 | | | + | + | |
| | | > р. Соленая | 6,12 | 7 | 8 | 8 | + | | | | 1 | 6 | | | + | 1 |
| | | > р. Соленая с устьем | 9,62 | 27 | 3 | 6 | 4 | 2 | | | | 7 | | | | + |
| | | > р. Б. Лайда | 6,12 | 24 | 3 | 4 | 4 | 2 | | | | 8 | | | | + |
| | | > р. Еннсей ниж. ус. М. Хеты | 17,62 | 8 | 8 | 6 | 6 | + | | | | 13 | | | | + |
| Четвертичные осадки | Ледниковые осадки Q ₁ -Q ₂ | Обн. 44, обр. 1 р. Б. Лайда | 10,82 | 5 | 4 | 14 | 2 | + | | | 9 | | | 1 | + | |
| | | > обр. 2 | 3,45 | 34 | 2 | 3 | 17 | 2 | + | | 10 | | | 1 | + | |
| | | Обн. 51, обр. 1 р. Соленая | 6,85 | 19 | + | 2 | 7 | 1 | | | 6 | + | + | + | + | |
| | | > обр. 2 | 9,25 | 17 | 3 | 2 | 4 | 1 | | | 6 | + | + | + | 1 | |
| > обр. 3 | 3,17 | 32 | 3 | 4 | 21 | 3 | | | 15 | | | | + | 1 | | |
| Датский ярус-палеоцен — Верхний горизонт (по В. Н. Соколову) | Самская свита (по В. В. Вдовину) | Обн. 1, обр. 1 р. Б. Лайда | 0,3 | 2 | 9 | 2 | 7 | 1 | 7 | + | | | | | + | |
| | | > обр. 2 | 0,4 | 3 | 73 | 4 | 13 | 1 | + | + | | | | | 1 | |
| | | > обр. 3 | 0,2 | 6 | 27 | 3 | 10 | 1 | 5 | + | + | | | | | |
| | | > обр. 5 | 0,2 | 67 | 10 | 3 | 7 | 3 | + | 1 | + | | | | | |
| | | > обр. 6 | 0,12 | 22 | 32 | 10 | 29 | 3 | + | 1 | + | | | | + | |
| | | > обр. 7 | 0,17 | 57 | 11 | 2 | 18 | 4 | + | 1 | + | | | | + | |
| | | > обр. 8 | 0,15 | 42 | 9 | 2 | 30 | 3 | + | + | 1 | | | | + | |
| | | > обр. 9 | 0,05 | 24 | 12 | + | 5 | 47 | 2 | + | 1 | 1 | | | 1 | + |
| | | Обн. 4, обр. 1 р. Б. Лайда | 0,2 | 12 | 4 | 6 | 15 | 2 | 27 | + | 1 | | | | 1 | + |
| | | > обр. 3 | 0,7 | 33 | 8 | 4 | 3 | + | 47 | + | 1 | | | | + | + |
| > обр. 4 | 0,2 | 61 | 7 | 4 | 12 | 3 | | + | + | + | | | + | + | | |
| Датский ярус-палеоцен | Самская свита (по В. В. Вдовину) | Обн. 51, обр. 5 р. Соленая | 0,55 | 34 | 2 | + | 7 | 27 | 6 | | 3 | + | | | + | |
| | | > обр. 6 | 0,32 | 35 | 1 | | 5 | 44 | 4 | | 1 | + | + | | + | |
| | | > обр. 7 | 1,47 | 45 | + | | 8 | 21 | 8 | + | | 1 | + | | + | |
| | | > обр. 8 | 1,75 | 33 | + | | + | 47 | 4 | | 1 | + | + | | + | |
| | | > обр. 12 | 0,45 | 33 | | | 10 | 31 | 2 | | 3 | + | | | + | |
| | | > обр. 14 | 0,42 | 35 | 10 | + | 6 | 27 | 3 | | 3 | 1 | | | + | |

* Знак + означает содержание < 1 %.

Таблица 1
палеоцена и четвертичного возраста, распространенных в долинах рек М. Хета,
(фракция 0,25—0,01 мм)

| Анализит | Ставролит | Сидерит | Дистен | Гранат | Шпинель | Сфен | Рутил | Апатаз | Блотит | Мусковит | Зеленая слюда | Хлоритона | Ромб. пироксен | Монокл. пироксен | Корунд | ? | Подоцит ? | Касситерит | Кварц | Ортоклаз | Плагиоклаз | Мусковит | Блотит | Зеленая слюда | Каолинит | Глаукофанит | Обломки кремнист. пород | Обломки хлоритонар. пород | Обломки кремнисто-слюдяных пород | Глинисто-слюдяг агрегаты | Разрушенные зерна | | |
|----------|-----------|---------|--------|--------|---------|------|-------|--------|--------|----------|---------------|-----------|----------------|------------------|--------|---|-----------|------------|-------|----------|------------|----------|--------|---------------|----------|-------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------|----|---|
| 1 | + | 1 | + | 2 | | + | + | | | | | | 55 | | | | | | 52 | 14 | 2 | 1 | | + | + | + | 2 | 3 | | | 24 | | |
| + | | | | 5 | | + | | | | | | | 66 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| + | | | | 3 | | 2 | | | | | + | | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| + | + | + | + | 3 | | 1 | + | | | | | | 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| + | + | + | + | 2 | | + | + | | | | + | | 51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| + | + | + | + | 2 | | + | + | | | | + | | 55 | | | | | | 53 | 12 | 2 | 2 | 2 | 1 | | | + | 8 | 2 | | 17 | | |
| + | | | | | | 1 | | | | | 1 | | 62 | | | | | | 57 | 10 | 1 | + | + | 1 | | | 5 | 3 | | | 22 | | |
| + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | 27 | | | | | 34 | 8 | 1 | 2 | + | 1 | + | + | + | 1 | + | | 51 | 1 | | |
| + | + | + | + | 2 | | 1 | + | + | + | + | + | | 8 | 53 | | | | 54 | 12 | 4 | 7 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | 15 | 1 | | |
| + | + | + | + | 1 | | 2 | + | | | | + | + | 10 | 50 | | | | 74 | 13 | + | | | | | | 1 | 1 | | | | 11 | | |
| + | + | + | + | | | 2 | + | | | | + | + | 6 | 9 | | | | 65 | 15 | 4 | 3 | | | 1 | + | 1 | 1 | | | | 9 | + | |
| + | + | + | + | | | + | + | | | | + | + | | | | | | 57 | 20 | 3 | 2 | | | 1 | | 11 | 2 | | | | | 4 | |
| + | + | + | + | | | + | + | | | | + | + | | | | | | 51 | 23 | 2 | 7 | | | 1 | 5 | + | 8 | 1 | | | | 1 | |
| + | + | + | + | 1 | | + | + | | | | + | + | | | | | | 59 | 23 | + | + | | | + | 1 | + | 11 | + | | | | 2 | |
| + | + | + | + | 1 | | + | + | 1 | 1 | + | 2 | 1 | 2 | | | | | 42 | 20 | 1 | 7 | | | 1 | 20 | 1 | | | | | | 8 | |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | | | | | | | 1 | + | + | | | | | | | | | | | | | 8 |
| + | + | + | + | 1 | | + | + | 1 | 1 | + | 1 | 1 | | | | | | 53 | 25 | 1 | + | | | | | 4 | 8 | + | | | | 8 | |
| + | + | + | + | 1 | | + | + | 1 | 1 | + | 1 | 1 | | | | | | 40 | 8 | 10 | | | | 3 | 14 | 1 | | | | | | 24 | |
| + | + | + | + | 1 | | + | + | 2 | 2 | + | + | + | | | | | | 24 | 4 | 1 | | | | 3 | 3 | 1 | + | | | | | 64 | |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | + | | | | | | 49 | 26 | 1 | 2 | | | + | 3 | + | 10 | + | | | | 8 | |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | + | | | | | | 55 | 27 | 2 | + | | | + | 2 | | 9 | 2 | | | | 3 | |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | + | | | | | | 44 | 17 | + | + | | | 21 | 2 | 5 | + | | | | | 2 | 7 |
| + | + | + | + | | | + | + | + | + | + | + | + | | | | | | 34 | 15 | + | 8 | | | 2 | 23 | 1 | + | | | | | 15 | 1 |
| + | 1 | + | 3 | 11 | | | | 3 | 2 | | | | | | | | | 72 | 20 | 1 | | | | | | | 3 | | | | | 1 | 2 |
| + | 1 | + | 3 | | | | | 3 | 1 | 1 | + | + | + | + | | | | 37 | 12 | + | 8 | + | | 1 | 4 | | | | | + | 36 | | |
| + | 1 | 1 | 8 | + | | | | 1 | 2 | + | + | + | + | + | | | | 69 | 21 | 1 | 1 | | | + | + | + | 2 | | | | | 2 | 2 |
| + | 1 | 1 | 2 | + | | | | 2 | 2 | + | + | + | + | + | | | | 5 | 23 | 2 | 4 | + | | 1 | 2 | | 2 | + | | 1 | | 13 | 1 |
| + | 1 | 1 | 2 | 11 | | | | 2 | 1 | 2 | + | + | + | + | | | | 71 | 20 | 3 | | | | | | 4 | | | | | | | 2 |
| + | 1 | 1 | 7 | + | | | | 1 | 1 | + | + | + | + | + | | | | 78 | 13 | 2 | + | + | | + | | 2 | | | | | | | 3 |

| Возраст | Название горизонта | Место влятия образцов | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|-----------------------|-------------------|---------|-------|-------------------------------|----------------|--------|---------|----------|---------------------------|-----------------------|----------|
| | | % тяжелой фракции | Ильменит-магнетит | Лимонит | Пирит | Разрушенные зерна и лейкоксен | Группа энклота | Циркон | Силерит | Турмалин | Обыкновен. рогов, обманка | Щелоч. рогов, обманка | Трехолит |
| Датский ярус-палеоген (по В. В. Влошину) | обр. 17 | 0,42 | 34 | 1 | 6 | 44 | 3 | | 1 | + | + | + | |
| | обр. 18 | 0,47 | 40 | 8 | 6 | 30 | 3 | | 1 | 1 | | + | |
| | обр. 19 | 1,27 | 30 | + | 4 | 45 | 6 | | 2 | + | + | | |
| | обр. 22 | 1,15 | 52 | 2 | 5 | 18 | 6 | | 1 | 1 | + | 1 | |
| | обр. 23 | 1,52 | 41 | 1 | 4 | 37 | 2 | | 1 | + | + | + | |
| | обр. 24 | 3,07 | 46 | + | 7 | 31 | 6 | | 1 | 1 | | 1 | |
| | обр. 25 | 1,17 | 44 | 2 | 4 | 39 | 3 | | 1 | + | + | + | |
| обр. 27 | 1,85 | 38 | 3 | 3 | 41 | 5 | | 1 | 1 | | + | + | |
| Кампан-маэстрихт Средний горизонт (по В. Н. Соколову) | Обн. 8, обр. 2 р. Б. Лайда | 0,85 | 64 | 1 | 1 | 32 | 1 | 7 | + | 4 | | 1 | + |
| | обр. 3 | 1,2 | 436 | 2 | 17 | + | 33 | + | 4 | | + | 1 | |
| | обр. 4 | 1,2 | 538 | 4 | 30 | + | 10 | + | 7 | | 1 | + | |
| | обр. 5 | 0,67 | 735 | 5 | 37 | 1 | 1 | + | 7 | | 1 | 1 | |
| | обр. 6 | 1,92 | 174 | 1 | 5 | + | 15 | + | 1 | | + | + | |
| | обр. 7 | 0,95 | 447 | 5 | 31 | + | 1 | + | 5 | | 2 | 1 | |
| | Обн. 44, обр. 4 | 0,70 | 412 | 8 | 22 | 2 | 8 | + | 31 | | 3 | 2 | |
| обр. 5 | 0,77 | 27 | 7 | 3 | 7 | 28 | 3 | + | 14 | | 2 | 1 | |
| обр. 7 | 2,35 | 42 | 5 | 2 | 26 | 3 | + | 13 | + | 2 | 1 | | |
| Кампан-маэстрихт Нижний горизонт (по В. Н. Соколову) | Обн. 14, обр. 1 р. Б. Лайда | 0,50 | 42 | 2 | 3 | 21 | 4 | + | 17 | | 1 | 2 | |
| | обр. 2 | 0,45 | 41 | 3 | 4 | 30 | 3 | + | 12 | | 1 | 2 | |
| | обр. 3 | 0,50 | 50 | 2 | 4 | 21 | 3 | + | 13 | | 2 | 3 | |
| | обр. 4 | 0,40 | 53 | 3 | 4 | 13 | 3 | + | 16 | | 1 | 2 | |
| | обр. 5 | 0,52 | 53 | 3 | 3 | 17 | 2 | + | 12 | | 1 | 1 | |
| | обр. 6 | 1,02 | 49 | 4 | 3 | 22 | 3 | + | 9 | | 1 | 1 | |
| | обр. 7 | 0,94 | 55 | 4 | 3 | 18 | 3 | + | 8 | | 1 | + | |
| | обр. 8 | 1,07 | 55 | 3 | 9 | 1 | 22 | 2 | + | 2 | | + | + |
| | обр. 9 | 1,05 | 48 | 4 | 6 | 1 | 21 | 4 | + | 9 | | 1 | 1 |
| | обр. 10 | 3,27 | 56 | 2 | 2 | 1 | 20 | 4 | + | 12 | | 1 | 1 |
| | обр. 11 | 4,00 | 48 | 4 | 2 | 2 | 20 | 3 | + | 12 | | 2 | 1 |
| | обр. 12 | 3,15 | 60 | 2 | 2 | 1 | 17 | 3 | + | 8 | | 1 | 3 |
| | обр. 13 | 2,35 | 52 | 6 | + | 3 | 21 | 3 | + | 8 | | 1 | 1 |

Продолжение таблицы 1

| Анализит | Ставролит | Силерит | Диопсид | Гранат | Шпинель | Сфен | Рупит | Апатит | Бюцит | Мусковит | Зеленая слюда | Хлорит | Ромб. пироксен | Монокл. пироксен | Корунд | Подолит? | Касситерит | Кварц | Ортоклаз | Плагиоклаз | Мусковит | Бюцит | Зеленая слюда | Каолинит | Глаукофанит | Обломки кремнист. пороц | Обломки хлоритизир. пороц | Обломки кремнисто-слюдяных пороц | Глинисто-слюдяные агрегаты | Разрушенные зерна |
|----------|-----------|---------|---------|--------|---------|------|-------|--------|-------|----------|---------------|--------|----------------|------------------|--------|----------|------------|-------|----------|------------|----------|-------|---------------|----------|-------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------|
| 1 | + | + | 3 | + | 1 | 1 | 4 | + | + | + | + | | | | | | | 44 | 18 | 2 | 4 | + | 6 | 1 | | | | 22 | 2 | |
| + | 1 | + | 2 | 6 | + | 1 | + | + | + | + | + | | | | | | | 76 | 15 | 1 | | | | 3 | | | | 1 | 4 | |
| + | 1 | + | 4 | + | 3 | 2 | 2 | + | + | + | + | | | | | | | 40 | 16 | + | 1 | | 2 | 9 | 1 | + | 1 | 29 | | |
| + | + | 1 | 1 | 9 | 1 | 1 | | | | + | | | | | | | | 77 | 15 | 2 | + | 1 | + | 2 | | | | | | 2 |
| + | + | + | 2 | + | 2 | 2 | 4 | + | 1 | 1 | + | | | | | | | 49 | 22 | 1 | 4 | + | 1 | 8 | 5 | 1 | 1 | 8 | | |
| + | + | 1 | 1 | 2 | + | 2 | + | + | | | + | | | | | | | 57 | 27 | 2 | 1 | + | 2 | | 3 | | 1 | 4 | 2 | |
| + | + | + | 1 | + | 2 | + | 2 | + | + | + | + | | | | | | | 40 | 25 | 2 | 6 | | 6 | 3 | + | | | 17 | + | |
| + | + | + | 3 | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | 62 | 26 | 2 | 1 | 1 | + | + | 1 | + | | | 4 | |
| 1 | + | + | 1 | | 1 | + | + | | 1 | 1 | 1 | | + | | | | | 60 | 18 | 1 | 2 | | 2 | 4 | 6 | 3 | | | 4 | |
| + | + | + | + | | + | + | | + | + | + | + | | + | | | | | 63 | 13 | 1 | 2 | | 1 | + | 1 | 2 | 9 | 1 | 5 | |
| 1 | | + | 1 | | + | + | | + | + | + | + | | | | | | | 58 | 13 | + | 3 | | 1 | | 8 | 6 | 1 | | 8 | |
| + | + | + | + | | + | | 1 | | 1 | + | + | | | | | | | 66 | 12 | 1 | 1 | | 3 | + | 7 | 5 | + | | 3 | |
| + | + | + | + | | + | + | | + | + | + | + | | | | | | | 65 | 12 | + | 2 | | 1 | 1 | 5 | 5 | + | | 7 | |
| + | + | + | + | | + | + | | + | + | + | + | | | | | | | 57 | 18 | + | + | | 2 | | 10 | 6 | 2 | | 4 | |
| 1 | + | + | + | | + | + | + | + | 1 | 3 | + | | + | | | | | 55 | 18 | 2 | + | 1 | 1 | 1 | 5 | 9 | | | 8 | |
| + | + | + | + | | + | + | 2 | + | + | + | 1 | 1 | | | | | | 33 | 28 | 1 | 5 | 4 | 3 | 7 | 1 | 3 | | 13 | 2 | |
| + | + | + | + | | 1 | + | 1 | + | + | 1 | 1 | | | | | | | + | 46 | 15 | 1 | 3 | 5 | 4 | 9 | 4 | 3 | | 6 | 4 |
| 1 | + | + | 2 | | + | + | 1 | + | + | + | + | | + | | | | | 57 | 17 | 2 | 5 | | 4 | 6 | 4 | 4 | | | 1 | |
| + | + | + | 1 | | + | 1 | | + | + | + | + | | + | | | | | 55 | 16 | 1 | 11 | | 5 | 5 | 2 | 3 | | | 2 | |
| + | + | + | + | | + | + | + | + | + | + | + | | + | | | | | 55 | 18 | 1 | 6 | | 3 | 8 | 3 | 5 | | | 1 | |
| + | + | + | 1 | | + | 1 | + | + | + | + | + | | + | | | | | 48 | 17 | 2 | 7 | | 3 | 10 | 3 | 5 | | | 5 | |
| + | + | + | 1 | | 1 | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | | | | | | 46 | 25 | 1 | 5 | + | 8 | 7 | + | 4 | | 1 | 2 | |
| + | + | + | 1 | | 1 | 1 | + | + | + | + | + | | + | | | | | 4 | 19 | 2 | 4 | + | 6 | 8 | 2 | 2 | | 7 | 4 | |
| 1 | + | + | 1 | | 1 | + | + | 1 | 1 | 1 | 1 | | + | | | | | 40 | 14 | + | 5 | + | 3 | 14 | 2 | 2 | | 16 | 4 | |
| + | + | + | 1 | | 1 | + | + | + | + | + | + | | + | | | | | 35 | 18 | 1 | 5 | + | 2 | 12 | 1 | 1 | | 23 | 3 | |
| + | + | + | 1 | | 1 | 1 | + | + | + | + | + | | + | | | | | 42 | 15 | + | 10 | | 6 | 5 | 1 | 2 | | 15 | 4 | |
| + | + | + | 1 | | + | + | + | + | + | + | + | | + | | | | | 50 | 19 | 1 | 5 | + | 5 | 3 | + | 2 | 2 | | 10 | 2 |
| + | + | + | 1 | | 1 | 1 | + | 1 | + | + | + | | + | | | | | 40 | 14 | 1 | 5 | + | 5 | 10 | + | 3 | 4 | | 11 | 6 |
| + | + | + | 1 | | + | + | + | + | + | + | + | | + | | | | | 52 | 21 | 2 | 4 | | 2 | 7 | 1 | 4 | 2 | | 2 | 3 |
| + | + | + | + | | + | + | + | + | + | + | + | | + | | | | | 55 | 19 | 1 | 5 | 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | | | 1 | 8 |

кие изменения, происшедшие в составе минералов пород среднего горизонта по сравнению с составом пород нижнего.

В составе легких фракций увеличилось содержание кварца (до 57—66%), несколько уменьшилось количество щелочных полевых шпатов (до 12—18%), значительно сократилось содержание мусковита (до 3%) и зеленой слюды (до 3%). Появились многочисленные обломки пород: кремнистых (до 10%) и хлоритизированных (до 9%). Каолинит встречается непостоянно (от единичных зерен до 4%). Характерно появление обломков кремнисто-слюдистых сланцев (до 2%). Полностью отсутствуют агрегаты глинисто-слюдистых минералов.

В тяжелых фракциях группу ведущих минералов составляют лимонит и минералы группы эпидота. В различных количествах появляется аутигенный сидерит (1—33%). Содержание ильменита и магнетита (черные рудные) снижается до 1—6%. Пирит не найден, циркона — до 1%, обыкновенной роговой обманки — 1—7%, базальтической роговой обманки — не больше 1%. Почти нет ставролита и анатаза. Остальные редкие минералы — турмалин, тремолит, андалузит, силлиманит, дистен, гранат, сфен, рутил, хлоритонд, слюды и моноклинный пироксен — присутствуют почти в таких же соотношениях, как и в породах нижнего горизонта.

Отложения среднего горизонта были изучены по трем образцам из обнажения 44, расположенного по левому берегу р. Б. Лайда; ниже устья р. Хараянг.

Анализ минералогического состава этих пород приводит нас к выводу, что образец 4 тяготеет к среднему горизонту обнажения 8. Здесь те же свойства тяжелых и легких фракций, а именно: среди рудных преобладает лимонит, много эпидота, значительно содержание сидерита. Отличие породы образца 4 — в богатстве ее обыкновенной роговой обманкой (31%), которой в породах из обнажения 8 не более 7%.

В легкой фракции, как и в породах среднего горизонта, много зерен кварца (55%), мало каолинита (1%), мусковита и зеленой слюды.

Породы, залегающие глубже, откуда были доставлены образцы 5 и 7, по минералогическому составу имеют большое сходство с породами нижнего горизонта обнажения 14. У них группу основных минералов тяжелой фракции составляют те же минералы: черные рудные (ильменит и магнетит), эпидот и обыкновенная роговая обманка. Характерно появление пирита и глинисто-слюдистых агрегатов, исчезновение сидерита, меньшее содержание зерен кварца, но большее количество мусковита, зеленых слюд и каолинита. Перечисленные особенности минералогического состава присущи породам нижнего горизонта из обнажения 14. Об этом сходстве говорят и свойства самих минералов из песков указанных горизонтов.

Верхний горизонт, отнесенный В. Н. Соколовым и В. В. Вдовиным к отложениям сымской свиты, был исследован в обнажениях 1 и 4 по р. Б. Лайда, а также в обнажении 51 по р. Соленая.

Обнажение 1 расположено близ устья р. Балаганная. Здесь под четвертичными суглинками и валуно-галечными накоплениями лежат разнородные пески, в верхних слоях белые, к низу обохренные. В них видны линзовидные прослои, обогащенные углистым материалом, а также линзы гравелистых песков. В некоторых из них В. В. Вдовиным были обнаружены значительные количества включений боулитов боксита. Кроме того, фиксируются конкреции сидеритового состава, окисленные с поверхности. На соседних участках вокруг конкреций пески цементируются гидроокислами железа.

Общая высота обнажения достигает 9 м над уровнем реки, причем верхние 2 м приходятся на четвертичные осадки, остальные 7 м представ-

лены описанными выше песками сымской свиты. Эти пески (8 образцов) были проанализированы под микроскопом. Легкие по удельному весу минералы их в основной своей части состоят из зерен кварца (51—59%); в составе минералов калиевые полевые шпаты (20—26%), обломки кремней и микрокварцитов (до 11%), каолинит (от 1 до 5%), мусковит (до 10%), зеленая слюда (до 3%) и плагиоклаз (от единичных зерен до 3%). Очень редки зерна глауконита, чаще в состоянии окисления. По-видимому, здесь он является переотложенным.

Образцы 5, 7 и 8 были взяты из прослоев песка, обогащенного органическим материалом. В них много глинисто-слюдистых агрегатов (8—64%). Поэтому здесь снижено содержание кварца (42—24%) и полевого шпата (20—4%) при самом высоком содержании каолина (14—20%) и слюд (3—10%).

В составе тяжелых фракций произошли заметные изменения по сравнению с породами нижележащих горизонтов. Обыкновенные роговые обманки стали очень редкими, они встречаются лишь единичными зернами (иногда 1% в общей массе фракции). Минералы группы эпидота и здесь сохраняют свое ведущее значение (7—47%).

Группа рудных минералов весьма неустойчива по составу. Содержание черных рудных минералов колеблется от 2 до 67%, лимонита — от 9 до 73% и сидерита — от единичных зерен до 78%. Эти минералы как бы заменяют друг друга в различных образцах, что связано с диагенетическими процессами, протекающими в осадках. В прослоях, где проявляются окислительные реакции, обнаруживаются фракции, обогащенные лимонитом; в прослоях, которым свойственна среда восстановительного характера, сохраняется образовавшийся в песках аутигенный сидерит, который обнаруживается или в чистых, не затронутых окислением зернах или в состоянии окисления его в лимонит на различных стадиях такого перехода.

Далее, в составе редких тяжелых минералов мы констатируем исчезновение базальтической роговой обманки и появление шпинели, корунда, ярозита (?) и подолита. В тех же небольших количествах, как и в породах нижележащих горизонтов, встречаются турмалин, тремолит, андалузит, ставролит, силлиманит, дистен, гранат, сфен, рутил, анатаз, слюды, хлоритонд и моноклинный пироксен. Обнаружен циркон (1—4%), отмечаются разрушенные непрозрачные зерна (2—10%), среди которых встречаются и лейкоксен. В прослоях с восстановительной средой были найдены единичные зерна пирита.

Подобный минералогический состав имеют пески этого же горизонта из обнажения 4, находящегося на правом берегу р. Б. Лайда. Здесь под слоем четвертичных валунистых суглинков до 4,8 м мощностью залегает толщина песков, белых мелкозернистых, косо- и горизонтальнослоистых с сажистыми прослоями, линзами грубозернистых песков с включением оолитов боксита, с тонкими прослойками глины, содержащих конкреции сидерита.

Из этой толщи песков было подвергнуто минералогическому анализу три образца, состав которых приведен в табл. 1. Общая характеристика фракций пород обнажения 1 полностью совпадает с характеристикой пород обнажения 4, поэтому мы здесь ее не приводим.

Из обнажения 51, расположенного в долине р. Соленая, проанализировано 17 образцов, три из которых представлены четвертичными осадками, остальные 14 — песчаными породами сымской свиты.

В минералогическом составе песчаных пород имеются свои особенности по сравнению с породами верхнего горизонта, развитыми в долине р. Б. Лайда. Ведущая группа минералов здесь состоит из эпидота, черных

рудных минералов и граната. Кроме того, некоторых минералов значительно больше, чем в породах долины Б. Лайды: анатаза — 4%, сфена, турмалина и дистена — 3%, циркона — 8%, рутила — 2%. Редкими, но постоянными минералами являются хлоритонд, андалузит, ставролит, силлиманит, термолит, зеленая слюда, мусковит. Биотит встречается редко. Особенности состава тяжелой фракции, сближающими эти породы с отложениями обнажения 1, являются также обеднение обыкновенной роговой обманкой, появление новых минералов — шпинели и щелочной роговой обманки. Вместе с тем здесь отсутствуют моноклинные пироксены, корунд и подолит (?), зерна которых были обнаружены в песках обнажения 1. В тяжелой фракции образца 6 был найден листочек золота со следами окатанности.

Легкие минералы содержат до 78% зерен кварца и до 27% калиевого полевого шпата. В глинистых разностях содержание того и другого снижается за счет агрегатов глинисто-слюдистого состава. Последних содержится до 36% от общего количества зерен фракции.

Кроме перечисленных породообразующих компонентов, в составе пород отличаются зерна плагиоклаза (от единичных до 3%), мусковит (1—8%), зеленая слюда (не более 2%), каолинит (до 9%) и обломки кремнистых пород (до 5%). Редко встречаются зерна биотита, переотложенные зерна глауконита, обломки хлоритизированных пород.

Четвертичные отложения из обнажений и современных аллювий рек в районе характеризуются совершенно иным минералогическим составом, чем все охарактеризованные выше отложения верхнего мела и палеогена. Ведущими в тяжелых фракциях почти всегда являются минералы группы пироксенов, главным образом моноклинные их представители типа энстатит-авгита, а также ильменит (5—34%), группа эпидота (до 20%) и обыкновенные роговые обманки (5—14%). Некоторые образцы содержат до 14% граната, обычно же его 2—3%.

Постоянны во всех изученных образцах лимонит (от единичных зерен до 18%), циркон (от единичных зерен до 3%) базальтическая роговая обманка (не больше 1—2%), сфен (1—2%) и разрушенные непрозрачные зерна вместе с лейкоксеном (от 2 до 14%).

Мало встречается турмалина, тремолита, минералов метаморфической группы, рутила и зеленой слюды. Исключительно редки шпинель, мусковит, биотит и сидерит.

Легкие минералы в песчаных породах в основном состоят из зерен кварца (до 74%). Полевых шпатов здесь до 15%. В глинистых породах глинисто-слюдистые агрегаты резко преобладают над кварцем. Иногда породы содержат много зерен, находящихся в разрушенном состоянии (до 22%). Слюд мало, лишь в осадках из обнажения 51 присутствует мусковит (3—7%). Единичные зерна глауконита находятся здесь, несомненно, в переотложенном состоянии. Редки обломки пород.

Сортировка зерен по размеру в породах из обнажений весьма слабая или почти отсутствует. Окатанность зерен также слаба. Зерна в основном полуугловатые, много угловатых, но есть и полуокатанные. У песчаных осадков из современного речного аллювия и довольно хорошая сортировка и сравнительно более заметная окатанность, чем во всех других отложениях. Здесь часто встречаются полуокатанные зерна.

Небольшой объем минералогических исследований для верхнемеловых, нижнепалеогеновых и четвертичных отложений района рек Соленая и Б. Лайда был выполнен З. З. Ронкиной (см. [1]). Результаты ее анализов в общем близки нашим данным, но имеют и некоторые отличия. Так, в таблице минералогического состава, приведенной З. З. Ронкиной, отсутствуют такие минералы, как щелочная роговая обманка, тремолит,

корунд, подолит, минерал (?), не выделены зеленые слюды. Эти минералы представляют значительный интерес и для восстановления состава питающих провинций и для освещения некоторых геохимических процессов, протекающих в породах после их отложения.

Некоторые выводы и обобщения

1. Пески и песчаники нижнего горизонта в районе р. Б. Лайда, отнесенные В. Н. Соколовым и В. В. Вдовиным к кампан-маастрихтскому возрасту, а по генезису к морским отложениям, характеризуются ильменит-эпидот-амфиболовой терригенно-минералогической провинцией. Наряду с этим породы сравнительно богаты зеленой и бесцветной слюдой. Из аутигенных минералов для них характерен пирит (рис. 3).

По некоторым отличительным признакам в составе минералов толщу осадков нижнего горизонта можно подразделить на два подгоризонта. Верхний не содержит пирита и глауконита, несколько беднее ильменитом и богаче амфиболами. Вместе с тем он отличается и от пород среднего горизонта, к которому предположительно относит эти слои В. В. Вдовин.

Весьма слабая сортировка и окатанность зерен указывают на сравнительно короткий путь, который был пройден обломочным материалом от области сноса до места его захоронения. Накопление осадков происходило, по-видимому, быстрыми темпами, и они не претерпевали повторного переотложения. Наличие пирита, марказита и глауконита, а также и другие признаки указывают на морское происхождение горизонта.

Можно предполагать, что источником питания в момент формирования данных осадков послужила область с развитием метаморфического комплекса пород: зеленых, слюдяных, амфиболовых сланцев, гнейсов и в малой степени кристаллических сланцев. Такой комплекс пород может быть связан с древними толщами допалеозойских выступов, расположенных к востоку, северо-востоку или юго-востоку от района исследований. В. Н. Сакс [2] предположительно считает возможным снос обломочного материала с Таймыра.

Можно сделать и другое предположение. Поскольку литолого-минералогические признаки свидетельствуют о недалеком сносе обломочного материала, то, может быть, более реально считать питающим районом окрестности г. Игарка, где И. В. Лебедевым [4] установлены выходы протерозойских пород. Незначительная роль принадлежала основным эффузивам, содержащим моноклинные пироксены.

2. Переход к вышележащим отложениям, т. е. среднему горизонту, отнесенному В. Н. Соколовым и В. В. Вдовиным к тому же кампан-маастрихтскому возрасту, судя по смене минералогического состава пород, выражен довольно резко, но не является внезапным. В группе ведущих минералов ильменит уступает место лимониту. Роговая обманка также теряет значение ведущего минерала. По-прежнему много минералов группы эпидота. Терригенно-минералогическая провинция может быть названа эпидотовой. Из минералов аутигенного происхождения большое развитие получают лимонит и сидерит, причем первый образуется путем окисления сидерита, который в осадках наблюдается как в неизменном состоянии, так и на самых различных стадиях перехода в бурый железняк. Породы становятся богаче кварцем и беднее слюдами. Заметно увеличивается в них содержание обломков пород.

Отсутствие или весьма слабая степень окатанности зерен, а также наличие несортированного по величине обломочного материала пород говорят о том, что осадконакопление происходило здесь примерно при

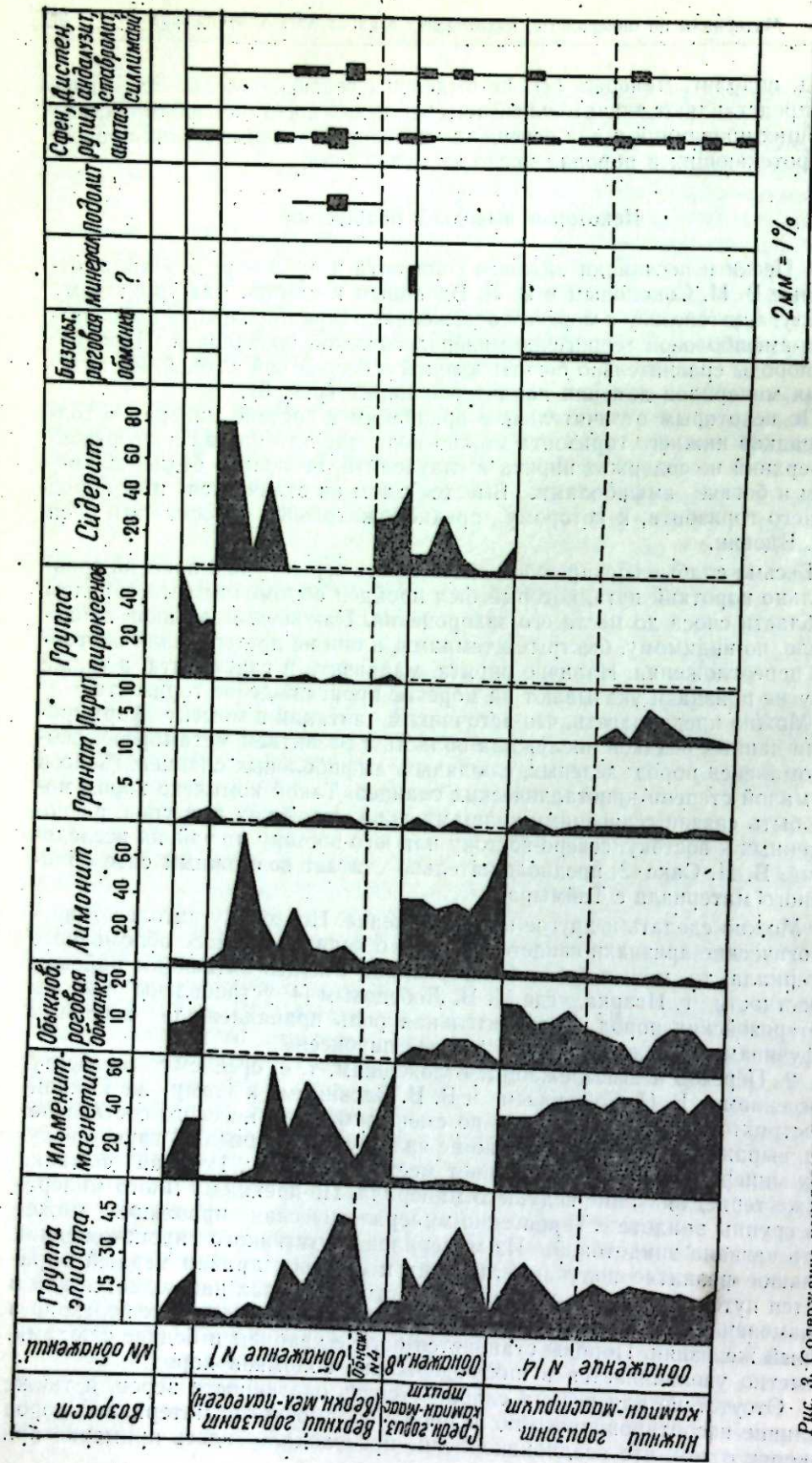


Рис. 3. Содержание некоторых корреляционных минералов (в %) в породах нижнего, среднего и верхнего горизонтов Сг₂ — Р₂ и Q-отложения по р. Б. Лайда.

тех же физико-географических условиях, какие существовали в период формирования нижнего горизонта.

Образование аутигенного сидерита происходило, по-видимому, под непосредственным влиянием процессов изменения растительных остатков, создававших условия восстановительного характера в прибрежных участках моря. Позднейшее наступление достаточной аэрации осадков, вышедших из-под уровня моря, привело к быстрому окислению сидерита в лимонит.

Питающей провинцией при формировании отложений среднего горизонта оставалась та же область с развитием древнего метаморфического комплекса пород.

3. Отложения верхнего горизонта, распространенные в бассейне р. Б. Лайда и представленные песками с углистыми и сажистыми прослойками, В. Н. Соколов считает самыми верхними горизонтами верхнего мела, в то время как В. В. Вдовин относит их к сымской свите, которая по возрасту относится к датскому ярусу — палеоцену.

Эти отложения характеризуются неустойчивым, переменным составом тяжелых минералов. Содержание эпидота и ильменита сильно варьирует в зависимости от изменения количества аутигенных сидерита и лимонита. Кроме этих минералов, аутигенными здесь являются минерал (?), подолит и единичные зерна пирита. Почти исчезли роговые обманки. Комплекс редких минералов остался в основном без изменения, лишь вновь появились корунд, шпинель и ставролит. Для легких минералов характерна значительная примесь каолинита (до 21%).

Детализируя особенности верхнего горизонта, можно отметить следующее: усиление процессов сидерито- и лимонитообразования в породах происходит в направлении снизу вверх; окатанность и сортировка зерен слабые, но несколько лучше, чем в нижележащих горизонтах, о чем говорит наличие зерен с полуугловатыми очертаниями. Возможно, что при формировании этого горизонта происходили явления размыва и переотложения более древних осадков района.

Аутигенные процессы в основном здесь те же, что и в отложениях среднего горизонта; кроме того, здесь создавались условия, благоприятные для образования минерала (?) и подолита. В составе питающей провинции изменений, по-видимому, не произошло.

4. Отложения песков и песчаников р. Соленая, окрашенных гидроокислами железа в пестрый цвет и содержащих также включения углестого материала, В. Н. Соколов относит к нижнему палеоцену. В. В. Вдовин их сопоставляет с верхним горизонтом р. Б. Лайда и считает осадками сымской же свиты палеоцен-датского возраста.

Минералогический состав данных отложений является специфическим. Для них выявлена ильменит-эпидот-гранатовая терригенно-минералогическая провинция. Состав минералов здесь постоянен и устойчив в вертикальном разрезе. Сидерит отсутствует, лимонита мало, минерал (?), подолит и пироксен не найдены.

В легких фракциях наблюдается обогащение кварцем, обеднение слюдами и каолинитом. Из вновь появившихся минералов нужно назвать щелочную роговую обманку. Здесь же более развиты группа метаморфических и группа титанистых минералов.

Приведенные материалы дают возможность сделать два предположения: или эти отложения имеют иное стратиграфическое положение, чем сымская свита бассейна р. Б. Лайда, или же для района р. Соленая область питания служила несколько иная в петрографическом отношении провинция. В последней основную роль играли кристаллические сланцы и контактово-метаморфические породы.

Степень сортированности и окатанности зерен для данной толщи повышается. Среди общей массы зерен преобладают полуугловатые обломки и довольно часто встречаются полуокатанные. Это тоже отличает осадки горизонта р. Соленая от верхнего горизонта р. Б. Лайда.

5. Четвертичные отложения района систематически не изучались. Исследование их в обнажениях 51 с р. Соленая (рис. 4) и 44 с р. Б. Лайда, где эти отложения характеризуются осадками ледникового происхождения, показало, что у них совершенно иная, пироксеново-рогово-обманковая терригенио-минералогическая провинция, которая могла формироваться только в результате коренной перестройки размещения провинций питания в четвертичное время. Наличие корреляционных роговой обманки — пироксенов, в основном энстатит-авгитов, и базальтической роговой обманки — говорит о том, что областью питания служили уже формации основных эффузивов северо-западной окраины Средне-Сибирской платформы.

В слабой степени происходили явления размыва и переотложения нижележащих пород района.

6. Исследованные под микроскопом современные аллювиальные пески с рек Б. Лайда, Соленая, М. Хета, Енисей имеют в общем одинаковый состав тяжелых минералов; различны лишь количественные соотношения минералов, что объясняется размывом различных генетических горизонтов более древних пород четвертичного, а также в меньшей степени мелового и третичного возраста. Так, в одних породах больше, в других меньше ильменита, лимонита, обыкновенной роговой обманки и пироксенов. Но пироксены всегда резко преобладают над другими минералами, составляя 46—66% в массе тяжелой фракции.

В малых количествах, но постоянно встречаются здесь циркон, сфен, гранат и базальтическая роговая обманка, а минералы метаморфической группы лишь единичными зернами и весьма спорадически.

7. Все породы района в том или ином количестве содержат каолинит. Наблюдения под микроскопом дают право утверждать, что значительная часть этого минерала образовалась на месте, в частности, за счет изменения биотита и полевого шпата. Кроме того, можно сделать заключение об усилении процессов каолинизации в направлении снизу вверх по разрезу, т. е. к горизонту сымской свиты, породы которой показали наиболее высокое содержание каолинита. Выведенные из-под уровня моря отложения подвергались процессам каолинизации в весьма благоприятной климатической обстановке с повышенными годовыми температурами и высоким водным балансом. Наши выводы вполне согласуются с данными В. Н. Сакса и З. З. Ронкиной [2], которые также считают каолинит аутигенным минералом.

8. В настоящее время мы располагаем весьма ограниченным материалом по минералогии мезо-кайнозойских осадков для районов северо-восточной окраины Западно-Сибирской низменности. Небольшая коллекция верхнемеловых отложений, залегающих в среднем течении р. Таз и по левому его притоку — р. Толька, изученная нами в 1952 г. [5], характеризует сымскую свиту иной терригенио-минералогической провинцией, с почти полным отсутствием минералов эпидотовой группы, лимонита и сидерита, характерных для сымской свиты бассейна р. Б. Лайда. В районе Таза и Тольки в качестве корреляционных минералов сымской свиты выделяется группа метаморфических минералов: ставролит, дистен, силлиманит, гранат, андалузит, — указывающая на размыв преимущественно кристаллических сланцев и контактных пород.

Эти данные подтверждаются сведениями о составе пород сымской свиты в верховьях р. Худосей, имеющимися в работе С. Б. Шацкого, А. А. Земцова, М. М. Тельцовой и др. [6].

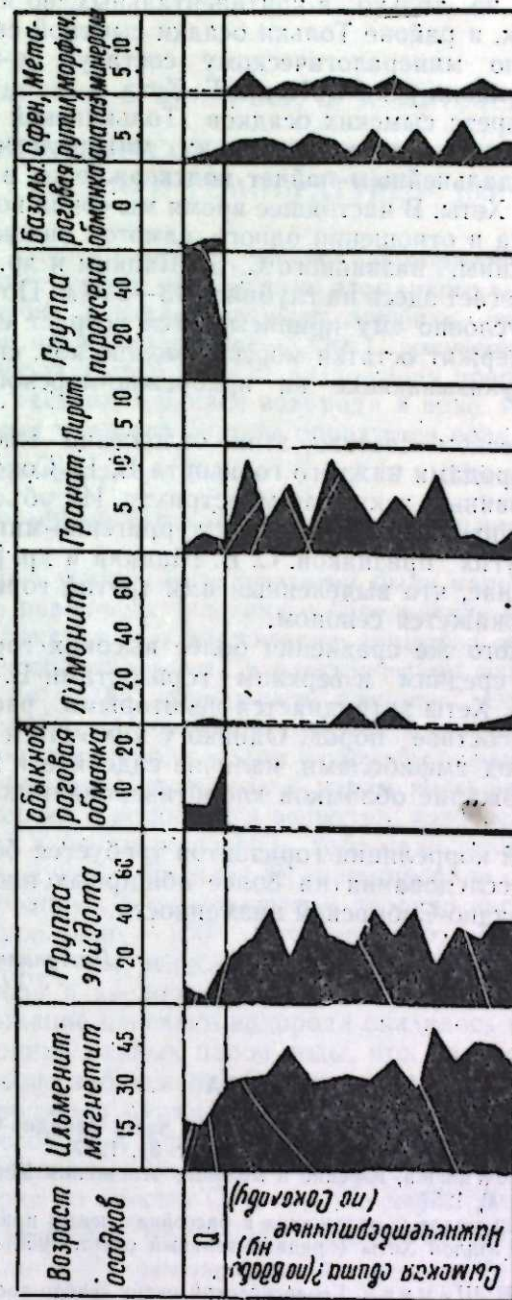


Рис. 4. Содержание корреляционных минералов (в %) в породах сымской свиты и Q-отложений по р. Соленая (обнажение 51, фракция 0,25—0,01 мм).

В перечисленных районах отложения сымской свиты формировались в континентальной обстановке. К северу от них, например по левому притоку Таза р. Толька и в долине Таза в районе Красноселькупска, по данным С. Б. Шацкого и др., буровыми скважинами вскрыты отложения сымской свиты уже не только в континентальных, но и в прибрежно-морских фациях. Так, в районе Тольки осадки сымской свиты содержат морскую фауну, а по минералогическому составу, по-видимому, они сходны с осадками района рек М. Хета и Б. Хета.

Расчленение разреза сымских осадков Толькинской скважины на три горизонта, основанное на различиях их минералогического состава [6], возможно, в дальнейшем найдет подтверждение в стратиграфии района М. Хеты и Б. Хеты. В настоящее время мы сочли возможным провести сравнения пока в отношении одного, самого нижнего горизонта Толькинской скважины, названного С. Б. Шацким и др. третьим горизонтом, который залегает здесь на глубине 143—240 м. По спорово-пыльцевому комплексу условно ему приписывается возраст сымской свиты. Вместе с тем он содержит остатки морских моллюсков, сидерит, глауконит и лептохлорит, указывающие на прибрежно-морской характер отложений.

В минералогическом составе этих отложений много общих характерных черт с породами нижнего горизонта В. Н. Соколова, отнесенного им и В. В. Вдовиним к кампан-маастрихту. Их объединяет одна и та же эпидот-ильменит-роговообманковая терригенно-минералогическая провинция и ряд других признаков. С. Б. Шацкий и др. [6] сами высказывают предположение, что выделенный ими третий горизонт в районе Тольки, возможно, окажется сеноном.

Проведение такого же сравнения более высоких горизонтов Толькинского разреза со средним и верхним горизонтами В. Н. Соколова в районе М. Хеты и Б. Хеты затрудняется некоторыми расхождениями в минералогическом составе пород. Однако у них есть и общие особенности: бедность пород амфиболами, наличие сидерита и иногда глауконита, большое содержание обломков хлоритизированных пород и некоторые другие.

Для тщательной корреляции горизонтов требуется более детальные минералогические исследования на более обширных площадях северо-восточной части Западно-Сибирской низменности.

Западно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
3/VI 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Соколов, Геологическое строение северной части Западно-Сибирской низменности. Геология Советской Арктики. Тр. НИИГА, т. 81, 1957.
2. В. Н. Сакс, Э. З. Ронкина, Юрские и меловые отложения Усть-Енисейской впадины. Тр. НИИГА, т. 90, 1957.
3. В. В. Вдовин, Верхнемеловые отложения в бассейнах левых притоков р. Енисей — рек Большой Хеты и Малой Хеты (предварительный отчет, 1956). Фонды Зап.-Сиб. филиала АН СССР.
4. И. В. Лебедев, С. Б. Шацкий, Геологический очерк северо-восточной части Енисей-Тазовского междуречья, 1952. Фонды Зап.-Сиб. геол. управления.
5. Е. В. Шумилова, Материалы к литолого-минералогической характеристике мезокайнозойских отложений северо-восточной части Западно-Сибирской низменности. Тр. Горно-геол. ин-та ЗСФАН СССР, вып. 15, 1956.
6. С. Б. Шацкий, А. А. Земцов, М. М. Тельцова и др., Геологическое строение листа Q-44 (Сидоровск) и северной части листа P-44 (Вах), т. 1, 1956. Фонды Зап.-Сиб. геол. управления.

А. И. ГОРБАНЕВ, А. Б. ЦЕНЦИПЕР, П. М. ЖИТЕНЕВА, М. С. ДАНИЛОВА

РЕАКЦИЯ ДИССОЦИИРОВАННЫХ ПАРОВ H_2O_2 И H_2O ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ — 196° С

В 1932 г. Гейб и Гартек [1] наблюдали образование прозрачного стекловидного вещества при пропускании атомарного водорода, полученного в разрядной трубке, и кислорода через ловушку, погруженную в жидкий кислород. При нагревании выше — 120° С полученное вещество пенилось, выделяя кислород. Остаток после разложения представлял собой концентрированный раствор перекиси водорода в воде. Авторы предположили, что в указанных условиях синтеза образуется вода, нормальная перекись водорода и изомерная ее форма $\frac{H}{H} > 0:0$. Последняя при нагревании переходит в обычную перекись, частично разлагаясь при этом на воду и кислород.

Дальнейшие усилия исследователей были направлены на синтез этого вещества в различных условиях и определение его природы. В 1939 г. Э. Охара [2] показал, что аналогичное вещество образуется и при взаимодействии диссоциированных в электрическом разряде паров воды на охлажденной до — 183° поверхности ловушки. Отношение числа молекул выделившегося при нагревании кислорода к числу молекул оставшейся в растворе перекиси водорода в этом случае было равно 0,179. Э. Охара заметил, что добавление кислорода к парам воды увеличивает процентное содержание перекиси водорода и вещества, которое, по его мнению, представляет собой либо радикал HO_2 , либо надперекись водорода H_2O_4 .

Батцольд, Луер и Винклер [3] синтезировали стекловидное вещество из диссоциированных в электрическом разряде паров перекиси водорода при температуре ниже — 150°. Это вещество обладало всеми теми же свойствами, что и полученное при низкотемпературном взаимодействии атомов водорода и кислорода, а также диссоциированных паров H_2O . Однако содержание перекиси водорода оказалось ниже, чем при использовании диссоциированных паров воды, что, казалось бы, противоречит указанному выше наблюдению Э. Охара о благоприятном влиянии добавок кислорода к водяным парам на выход H_2O_2 . Молярное отношение выделившегося кислорода к перекиси возросло до 0,3.

Позднее [4] аналогичное вещество было получено при взаимодействии атомов водорода со смесью $O_2 + O_3$. По мере увеличения содержания озона возрастал выход кислорода, выделяющегося при нагревании вещества. Отношение $\frac{O_2}{H_2O_2}$ тем не менее не превышало 0,13.

Работами Н. И. Кобозева, Л. И. Некрасова, Е. Н. Еремина, Н. И. Скороходова, Е. И. Макаровой [5, 6] установлено, что вещество с указанными свойствами получается и при взаимодействии атомов водорода с озоном, вымороженным на стенке ловушки. Молярное отношение кислорода, выделившегося при разложении, к образующейся перекиси оказывается равным 1, что может являться некоторым подтверждением гипотезы Э. Охара, связывающей выделение кислорода при нагревании с разло-

женнем HO_2 или H_2O_4 по уравнению $\text{H}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$. Как видно, в этом случае молярное отношение образующихся компонентов равно 1. Авторы дают объяснение тому, что в синтезированном из озона веществе образуются только две фазы: вода и надперекись водорода.

Даже этот весьма краткий перечень лишь основных работ позволяет сделать вывод, что при наличии в системе атомов водорода и кислорода наряду с известными соединениями водорода и кислорода (H_2O и H_2O_2) синтезируется новое вещество (при температуре ниже -120°).

Ряд исследователей, в том числе авторы настоящего сообщения, склонны считать, что этим веществом является надперекись водорода H_2O_4 . Однако однозначных доказательств в пользу этой гипотезы все еще нет.

С целью изучения природы стекловидного вещества мы синтезировали его методами электронного парамагнитного резонанса термографии, рентгенофазового анализа. Результаты, полученные при синтезе вещества из диссоциированных в тлеющем разряде паров перекиси водорода, а также паров воды, представлены в настоящем сообщении.

Экспериментальная часть

Пары воды или перекиси водорода из испарителя *B* (рис. 1) поступали в разрядную трубку *A*, откуда диссоциированные газы направлялись в ловушку *L*, охлажденную жидким азотом. Газы, не вступившие в реакцию, откачивались насосом. Давление паров перекиси водорода и воды, определяемое термоманометром на входе в разрядную трубку, менялось от 0,1 до 0,4 мм рт. ст. при скорости подачи паров от 0,008 до 0,084 моль/час. Давление отходящих газов определялось манометром Мак-Леода. Разрядная трубка питалась током от трансформатора высокого напряжения. Сила тока в опытах менялась от 25 до 175 а, напряжение — от 1100 до 1500 в. Electroды были изготовлены из алюминия и имели внутреннее водяное охлаждение.

Разрядная трубка, как и вся установка, была сделана из молибденового стекла, диаметр ее 18 мм, общая длина 700 мм. Ловушка помещалась на расстоянии 100 мм от разрядной трубки, диаметр ее 50 мм, длина 80 мм. Расстояние между первой ловушкой и второй 500 мм.

По окончании опыта ловушка нагревалась, и давление выделяющегося кислорода определялось по сернокислотному манометру. Оставшийся в ловушке раствор перекиси водорода взвешивался, а затем титровался 0,1 н раствором KMnO_4 . По этим данным определялось содержание перекиси водорода и воды в образующемся веществе.

Исходная перекись водорода содержала примерно 98% весовых H_2O_2 , а пары над ней — 92% весовых H_2O_2 , что соответствует 85% молярных.

Для того, чтобы в течение опыта состав паров существенно не менялся, исходная перекись бралась в количестве, примерно в 10—20 раз превышающем то, которое подавалось в систему. Для каждого опыта бралась свежая перекись.

Выходы воды, перекиси водорода, кислорода, выделяющегося при разложении вещества, а также кислорода и водорода в отходящих газах даются в молях на моль исходного вещества (рис. 2). Выходы продуктов выражены в виде функции обобщенного параметра $u \frac{p^{**}}{v}$, где u — мощность разряда (кка), v — скорость подачи паров перекиси водорода

* Впервые понятие удельной энергии $\frac{u}{v}$ введено в изучение кинетики реакций в электрическом разряде С. С. Васильевым, Н. И. Кобозевым, Е. Н. Еремичевым [7].

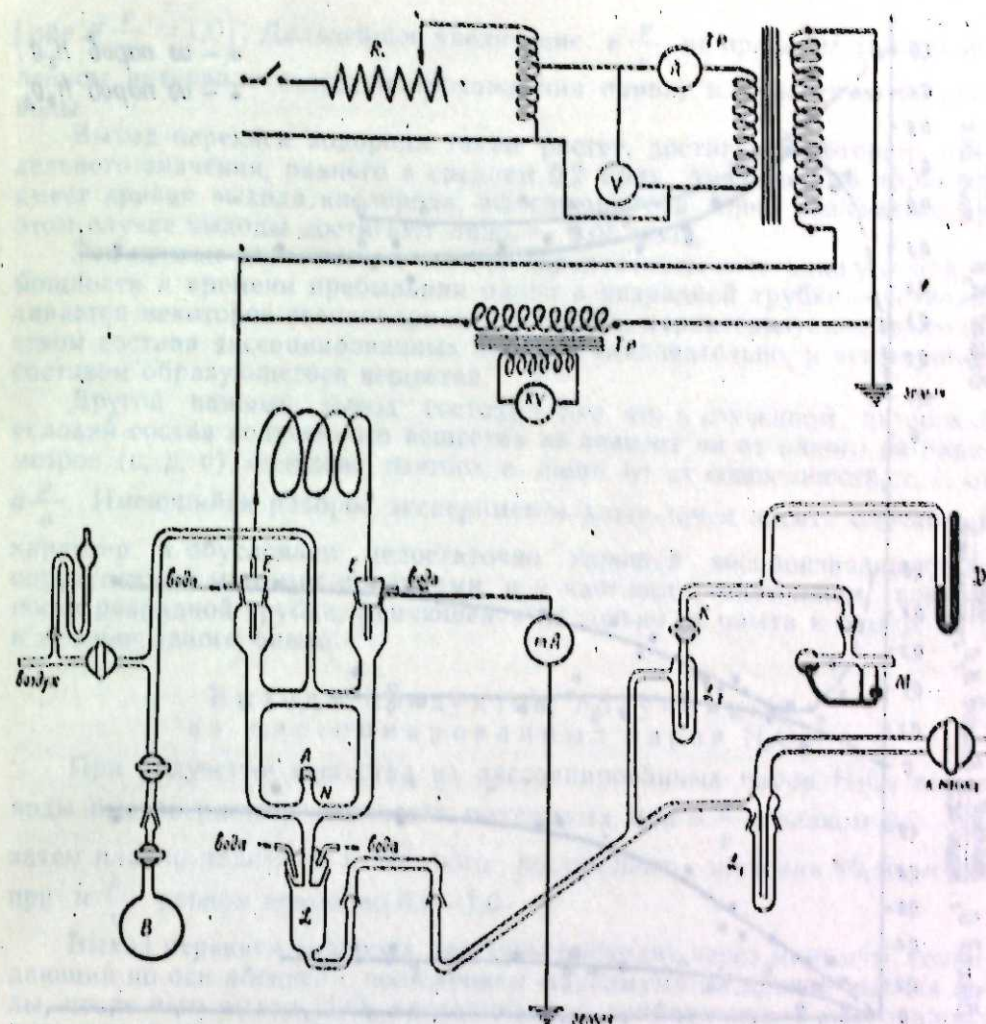


Рис. 1. Схема установки для синтеза стекловидного вещества из диссоциированных в тлеющем разряде паров H_2O и H_2O_2 .

(моль/час) и p — давление паров перекиси водорода на входе в разрядную трубку (мм рт. ст.).

Целесообразность выбора такого параметра обусловлена тем, что степень диссоциации исходного вещества определяется подводимой к разряду энергией, которая, в свою очередь, зависит от мощности разряда и времени пребывания паров в разрядной трубке. При прочих равных условиях время пребывания паров пропорционально давлению и обратно пропорционально количеству вводимых паров. Таким образом, действие разряда, а следовательно, и состав диссоциированных паров, будут определяться величиной $u \frac{p^{**}}{v}$, т. е. энергией, подводимой к разряду в течение пребывания паров в разрядной трубке.

Далее будет показано, что в первой стадии процесса, протекающего в разрядной трубке, имеет место быстрый распад перекиси водорода с образованием воды и кислорода; объем газов в разрядной трубке увеличивается при этом примерно в 1,5 раза, а время пребывания паров соответственно в 1,5 раза меньше, чем в опыте с водяными парами (при

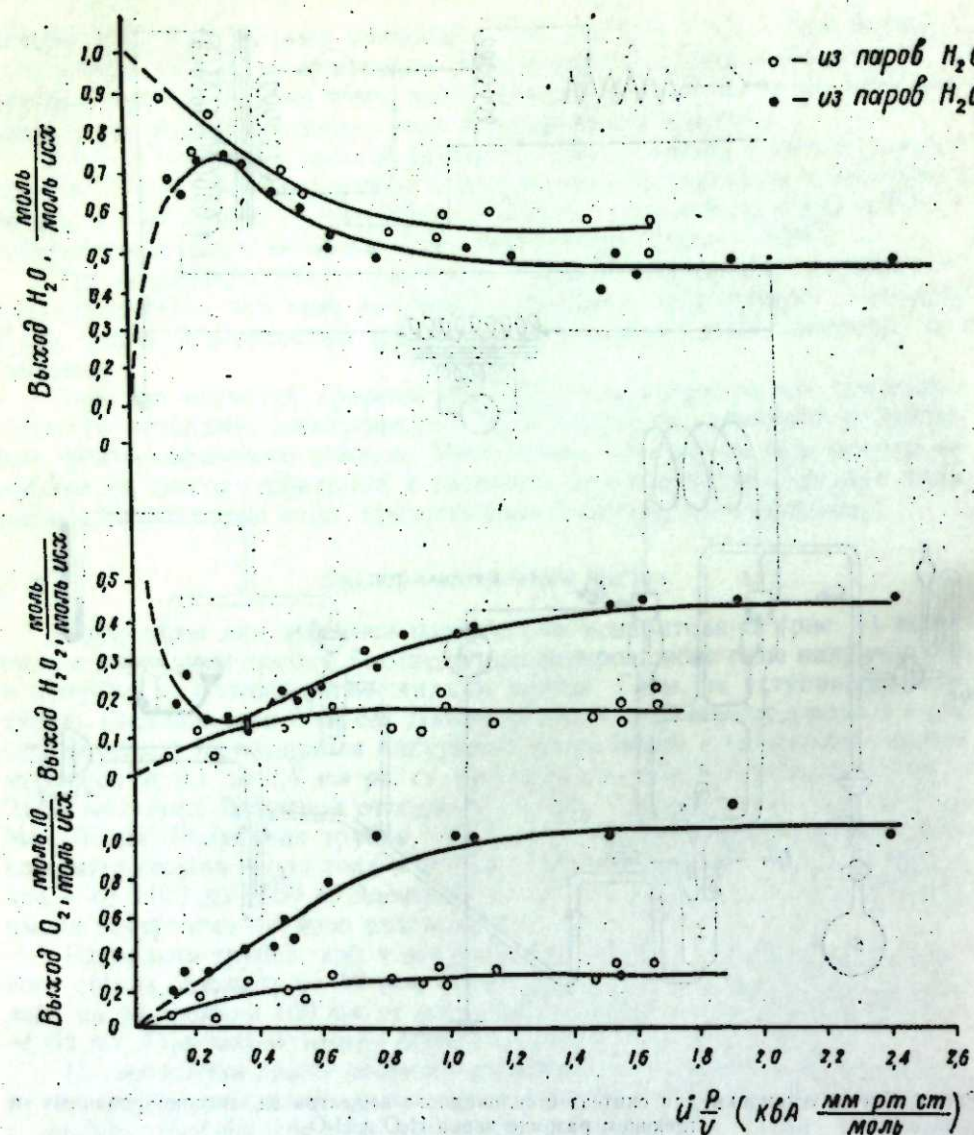


Рис. 2. Зависимость выходов H_2O , H_2O_2 и O_2 , выделяющихся при нагревании (в молях на моль исходного вещества), от параметра $u \frac{P}{v}$.

одинаковой скорости подачи паров в разрядную трубку). Поэтому для сравнения результатов, полученных при использовании водяных паров, с результатами для паров перекиси водорода в последнем случае скорость подачи паров в $u \frac{P}{v}$ увеличивается нами в 1,5 раза.

Выходы продуктов, образующихся из диссоциированных паров воды.

Выход воды в продуктах конденсации диссоциированных в тлеющем разряде паров H_2O , как видно на рис. 2 (верхний график), плавно падает с ростом $u \frac{P}{v}$ до некоторого значения, равного примерно 0,55 моля

(при $u \frac{P}{v} = 1,0$). Дальнейшее увеличение $u \frac{P}{v}$ не приводит (в определенном интервале скорости прохождения паров) к изменению выхода воды.

Выход перекиси водорода также растет, достигая некоторого предельного значения, равного в среднем 0,2 моля. Аналогичный характер имеет кривая выхода кислорода, выделяющегося при разложении. В этом случае выходы достигают лишь $\sim 0,03$ моля.

Эти кривые показывают, что при определенном сочетании условий — мощности и времени пребывания паров в разрядной трубке — устанавливается некоторое стационарное состояние, характеризующее постоянством состава диссоциированных паров, а следовательно, и неизменным составом образующегося вещества.

Другой важный вывод состоит в том, что в изученном интервале условий состав полученного вещества не зависит ни от одного из параметров (u , P , v), отдельно взятого, а лишь от их совокупности, т. е. от $u \frac{P}{v}$. Имеющийся разброс экспериментальных точек носит случайный характер и обусловлен недостаточно хорошей воспроизводимостью, определяемой многими причинами, и в частности, состоянием поверхности разрядной трубки, меняющейся не только от опыта к опыту, но и в течение одного опыта.

Выходы продуктов, полученных из диссоциированных паров H_2O_2 .

При получении вещества из диссоциированных паров H_2O_2 выход воды быстро растет, достигает максимума при $u \frac{P}{v}$, равном 0,2—0,4, затем плавно падает до некоторого постоянного значения (0,45 моля) при $u \frac{P}{v}$, равном примерно 0,8—1,0.

Выход перекиси водорода при этом проходит через минимум, совпадающий по оси абсцисс с положением максимума на кривой выхода воды, после чего выход H_2O_2 увеличивается, приближаясь к постоянному значению, равному $\sim 0,4$ моля. Кривая выхода кислорода, выделяющегося при нагревании вещества, имеет тот же характер, что и в случае водяных паров, отличаясь лишь величиной предельного выхода, которая в данном случае составляет в среднем 0,1—0,11 моля, т. е. примерно в три раза больше соответствующего значения для воды.

Итак, характеры кривых выхода воды и перекиси водорода для обеих систем отличаются лишь при малых мощностях разряда и большой скорости прохождения паров (малые $u \frac{P}{v}$), т. е. в условиях, когда вещество в разрядной трубке должно претерпеть наименьшее превращение. Действительно, вода при малых величинах $u \frac{P}{v}$ лишь незначительно разлагается, примерно на 20%, перекись же разлагается практически нацело. Прямым доказательством этого являются опыты, в которых конденсация диссоциированных паров проводилась при -78° . При этом удалось получить лишь небольшие количества перекиси. Предельный выход ее составлял 4% от пропущенной в разряд, выход воды — 60%. Мощность в этих опытах равнялась 0,06 кВа, время пребывания паров в разрядной трубке 0,4 сек, $u \frac{P}{v} = 0,6$. Однако из имеющихся литературных данных [2, 3] известно, что при этой температуре перекись

ником не была получена, и, следовательно, в этих условиях она не образуется. Поэтому перекись, вымороженная из продуктов диссоциации H_2O_2 при -78° , могла быть лишь той перекисью, которая прошла зону разряда, не успев разложиться. Это дает основание предположить, что перекись в изученных нами условиях разлагается в разрядной трубке значительно быстрее, чем вода, которая, как это видно из кинетических кривых, в начале процесса накапливается (наличие максимума).

В табл. 1 представлены выходы кислорода и водорода в отходящих газах в условиях, близких к стационарным.

Таблица 1

Некоторые характеристики процесса в условиях стационарного состояния (Выходы водорода и кислорода (газобразных) в $\frac{\text{моль}}{\text{моль исх.}}$ концентрации H_2O_2 в остатке после разложения в % вес., отношение числа молей O_2 , выделившегося при нагревании, к числу молей перекиси в остатке l)

| $\frac{u}{v}$ | Для H_2O | | | | Для H_2O_2 | | | | |
|---------------|------------|-------|--------|------|---------------|-------|-------|--------|------|
| | H_2 | O_2 | H_2O | l | $\frac{u}{v}$ | H_2 | O_2 | H_2O | l |
| 0,97 | 0,28 | 0,02 | 42 | 0,18 | 1,05 | 0,13 | 0,22 | 60 | 0,32 |
| 1,14 | 0,27 | 0,04 | 32 | 0,21 | 1,50 | 0,18 | 0,22 | 69 | 0,24 |
| 1,54 | 0,32 | 0,02 | 43 | 0,18 | 1,60 | 0,12 | 0,15 | 67 | 0,27 |
| 1,65 | 0,27 | 0,02 | 37 | 0,22 | 1,88 | 0,14 | 0,13 | 65 | 0,29 |

Если вещество получается из водяных паров, кислород практически полностью (до 98%) остается в ловушке, входя в состав конденсирующихся продуктов, и отходящие газы состоят из водорода: примерно 27% (молярных) его покидают систему, не вступив во взаимодействие в ловушке.

Когда исходным веществом является перекись водорода, в отходящих газах наряду с водородом содержится и кислород: примерно 0,14—0,20 $\frac{\text{моль}}{\text{моль исх.}}$ исходного кислорода теряется. Если учесть при этом, что в моле перекиси водорода, поступающей в разрядную трубку, содержится кислорода на 0,43 моля больше, чем в водяном паре, а с отходящими газами теряется всего 0,14—0,20 моля, то очевидно, что в этом случае в составе продуктов, конденсирующихся в ловушке, кислорода будет примерно на 0,25 моля больше, чем в опыте с водяными парами. Что же касается водорода, то его использование при пропускании паров перекиси водорода также увеличивается, но в меньшей степени: с отходящими газами уходит из системы примерно 0,14 моля вместо 0,27 для водяных паров.

Концентрация перекиси водорода, как и следовало ожидать из полученных соотношений выхода H_2O и H_2O_2 , в случае диссоциированных паров перекиси водорода оказалась значительно выше (65—70%), чем в случае водяных паров (45%) (табл. 1).

При рассмотрении литературных источников мы указывали, что некоторые авторы для характеристики синтезированного вещества пользовались отношением $\frac{O_2}{H_2O_2}$, где O_2 — кислород, выделившийся при нагревании вещества по уравнению $H_2O_4 \rightarrow H_2O_2 + O_2$, а H_2O_2 — вся перекись, определяемая в веществе после разложения. Предполагается при этом, что часть перекиси водорода образуется непосредственно на холодной стенке ловушки, часть же — по приведенному уравнению. Отношение $\frac{O_2}{H_2O_2}$ определяется соотношением надперекиси водорода, вы-

деляющей эквимолярное количество кислорода, и перекиси водорода в веществе. Увеличение этого отношения (l) при переходе от диссоциированных паров воды (0,2) к диссоциированным парам перекиси водорода (0,3) указывает на то, что выход надперекиси в стекловидном веществе растет значительно, чем выход перекиси.

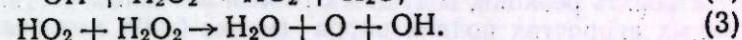
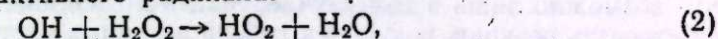
Обсуждение результатов

Как уже отмечалось, вид кинетических кривых указывает на то, что пары перекиси водорода, проходя через разрядную трубку, быстро разлагаются с образованием водяных паров. Разложение последних происходит значительно медленнее. Волмен [8], подвергая пары H_2O_2 фотохимическому разложению, также обнаружил полный распад перекиси водорода с образованием воды; отсутствие водорода в газах свидетельствовало о том, что распад водяных паров в этих условиях не происходил. Полученный результат вполне определяется значениями энергии связи в молекулах H_2O_2 и H_2O . На разрыв связи $O-H$ в молекуле воды требуется затратить в два раза больше энергии (100 ккал/моль), чем на разрыв связи $O-O$ в молекуле H_2O_2 (48 ккал/моль).

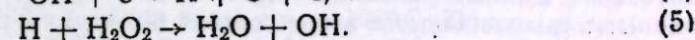
Таким образом, процессы, происходящие в разрядной трубке в опыте с перекисью водорода, можно представить в виде двух последовательных стадий, из которых первая включает образование воды, вторая — ее разложение. Строго говоря, разложение воды происходит и параллельно процессу распада перекиси водорода, однако скорость этого процесса сравнительно невелика, и в начальный период, когда концентрация образующихся молекул воды мала, этим процессом можно пренебречь. Итак, первичным актом является разрыв связи $O-O$ под воздействием быстрых электронов.



Образующиеся гидроксилы взаимодействуют далее с образованием сравнительно малоактивного радикала:



Кроме того, частично могут иметь место следующие процессы:



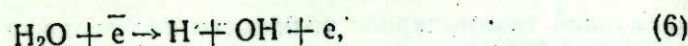
Атомы кислорода, как будет показано в следующем сообщении, в данных условиях не взаимодействуют с перекисью.

Ввиду того, что энергия связи $O-H$ в гидроксиле значительна (100 ккал/моль) и концентрация OH благодаря быстрой реакции (2) невелика, процессы (4), (5) можно не учитывать в первой стадии, когда доминирующими являются реакции (1), (2).

Реакция (2) была предложена Фростом и Олденбергом [9] для объяснения того, что радикал OH по прекращении разряда исчезает быстрее в парах H_2O_2 , чем в парах H_2O . Реакция (3) вследствие значительной энергии активации не может иметь существенного значения при температурах порядка $80^\circ K$, характерных для газа в разряде низкого давления.

Вторая стадия процесса характеризуется преимущественно следующими реакциями:

* Температура газа в зоне разряда была определена на основании измерений коэффициента поглощения OH (полоса $3064^\circ A$) при разряде в водяных парах [10].



Образующиеся в обеих стадиях радикалы и атомы: HO_2 , OH , H , O частично гибнут (преимущественно гетерогенно) с образованием H_2O , H_2 и O_2 . Существенная роль гетерогенных процессов в разрядной трубке подтверждается большим влиянием состояния поверхности трубки на выход продуктов [2, 11]. Мы наблюдали, что состав полученного вещества количественно несколько различался в зависимости от предварительной разрядной трубки обработки.

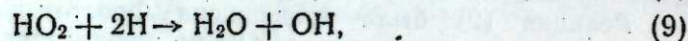
Таким образом, лишь распад перекиси водорода является необратимым процессом. Вода же частично регенерируется в разрядной трубке, и при некоторых средних значениях $u \frac{P}{v}$ устанавливается стационарное

состояние, характеризующееся приблизительно неизменным составом, чем и определяется постоянство выходов H_2O , H_2O_2 и др. Следует, однако, иметь в виду, что при значительном уменьшении скорости прохождения паров постоянно это нарушается из-за вторичных процессов, происходящих на пути газа в ловушку; выход перекиси водорода падает, выход воды и газов увеличивается.

Итак, диссоциированные пары перекиси водорода по составу близки к диссоциированным парам воды, обогащенным кислородом, и состоят, главным образом, из атомов водорода и кислорода, гидроксила, водяных паров, молекулярных водорода и кислорода.

Присутствие в диссоциированных водяных парах, прошедших разрядную трубку, воды было показано ранее [12]. Мы предполагаем, что близость ловушки к разрядной трубке, а также сравнительно высокие скорости прохождения паров в наших опытах способствуют сохранению атомов и радикалов на пути газа к ловушке. И действительно, при определенных значениях $u \frac{P}{v}$ выходы продуктов практически не менялись,

что возможно лишь в том случае, если в подводящей трубке будут отсутствовать реакции, ведущие к гибели активных частиц. Лишь при очень малых скоростях подачи паров (менее 0,008 моля/час, при $p = 0,3$ мм рт. ст. и более), как уже отмечалось, наблюдалось увеличение выхода воды, что мы связываем с процессами в подводящей трубке, значение которых в данных условиях значительно возрастает. Итак, диссоциированные пары указанного выше состава подходят к поверхности ловушки, охлажденной до -196° , где и происходит взаимодействие радикалов и атомов с образованием главным образом молекулярных продуктов, на что указывают низкие концентрации радикалов в полученном веществе [13, 14].



При нагревании вещества (выше -120°) происходит разложение содержащейся в нем надперекиси водорода по уравнению:



с образованием эквимольных количеств перекиси водорода и кислорода. Такое направление процесса может быть принято по аналогии с термическим разложением надперекиси натрия, которое, как показали наши опыты, проходит через образование перекиси натрия.

При избытке кислорода возможности прохождения реакций (7), (10) и (13) увеличиваются, благодаря чему и повышаются выходы H_2O_2 и O_2 (выделенного). Избыток же атомарного водорода приводит к увеличению выхода воды по реакции (9) и (12). Как было показано ранее, диссоциированные пары воды содержат излишек атомарного водорода по отношению к кислороду. Добавление 0,43 моля кислорода к диссоциированным парам воды (что соответствует составу диссоциированных паров H_2O_2) приводит к полному использованию атомов водорода, и при этом образуются продукты, которые богаче перекисью и особенно надперекисью водорода.

В введении мы указывали на работу Батцольда, Лунера и Винклера [3], посвященную также получению стекловидного вещества из диссоциированных паров H_2O_2 . Авторы ее высказали предположение, что сходство стекловидного вещества, полученного из двух систем (H_2O и H_2O_2), обязано присутствию в обеих системах гидроксила (в предположении, что в разрядной трубке процесс распада H_2O_2 ограничивается реакцией $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{OH}$, а H_2O — реакцией $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H} + \text{OH}$). Поэтому выходы продуктов они фактически относили к содержанию гидроксила в исходном веществе (т. е. перекиси брали в 2 раза меньше). При таком подходе к расчету выходов, естественно, были получены меньшие выходы как воды, так и перекиси водорода при получении вещества из H_2O_2 . Наши результаты, показывающие, что диссоциированные пары H_2O и H_2O_2 должны отличаться, главным образом, лишь содержанием кислорода, доказывают неправильность такого подхода.

Полученные нами данные вполне согласуются с ранее описанными наблюдениями [2, 15] того факта, что при прохождении через разрядную трубку смеси $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ выход перекиси увеличивается.

Выводы

1. Синтезировано вещество из диссоциированных в тлеющем разряде паров перекиси водорода и паров воды при -196°C . Показана зависимость выходов конечных продуктов (H_2O , H_2O_2 и O_2 , выделяющегося при нагревании) от обобщенного, кинетического параметра $u \frac{P}{v}$. Вид кинетических кривых указывает на то, что вода является промежуточным продуктом при распаде паров H_2O_2 в разрядной трубке. Составы диссоциированных паров H_2O и H_2O_2 отличаются, в основном, содержанием кислорода.

2. Вещество, полученное из диссоциированных паров H_2O_2 , богаче перекисью водорода (в 2 раза), а также веществом (предполагается H_2O_4 , выделяющим при нагревании кислород, чем полученное из H_2O . Молярное отношение O_2 (выделенного) к H_2O_2 равно примерно 0,3 (вместо 0,2 для водяных паров).

3. Предлагается схема процесса, объясняющая полученные закономерности и включающая реакции в разрядной трубке, а также на холодной поверхности ловушки.

ЛИТЕРАТУРА

1. K. H. Geib, P. Harteck, Ber., 65, 1515 (1932).
2. E. Ohara, J. Chem. Soc. Japan, 60, 1110 (1939), 61, 567, 569 (1940).
3. J. S. Bartzold, C. E. Uner, C. A. Winkler, Can. J. Chem., 31, 262 (1953).
4. I. D. Mc. Kinley, D. Garvin, J. Amer. Chem. Soc., 77, № 22, 5802 (1955).
5. Н. И. Кобозев, Л. И. Некрасов, Е. Н. Еремич, ЖФХ, 30, 1956 (1956).
6. Н. И. Кобозев, И. И. Скороходов, Л. И. Некрасов, Е. И. Макарова, ЖФХ, 31, 1840 (1957).
7. С. С. Васильев, Н. И. Кобозев, Е. Н. Еремич, ЖФХ, 7, 619 (1937).
8. D. H. Wolman, J. Chem. Phys., 17, 947 (1949).
9. A. A. Frost, O. Oldenberg, J. Chem. Phys., 4, 484 (1936).
10. В. Н. Кондратьев, Свободный гидроксил. ГОНТИ (1939).
11. Л. И. Некрасов. Дисс., МГУ, 1951.
12. R. A. Jones, C. A. Winkler, Can. J. Chem., 29, v. 11, 1010 (1953).
13. R. Livingston, J. Gormley, H. Leldes, J. Chem., Phys., 24, 483 (1956).
14. А. И. Горбанев, С. Д. Кайтмазов, А. М. Прохоров, А. Б. Ценципер, ЖФХ, 31, № 2, 16, (1957).
15. W. H. Rodebuch, M. H. Wahl, J. Chem., Phys., 1, 196 (1933).

Т. В. ЗАБОЛОЦКИИ

О ВЛИЯНИИ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРИМЕСЕЙ
НА ОКИСЛЕНИЕ АЗОТА В ВЫСОКОЧАСТОТНОМ РАЗРЯДЕ

Действие газообразных примесей на химические реакции в разряде недостаточно освещено в литературе.

К исследованиям в этой области относятся работы Б. А. Коноваловой и Н. И. Кобозева [1]. Для выяснения механизма объемного и поверхностного процессов окисления азота в тлеющем разряде авторы применяли примеси водяных паров, аммиака, метана, окиси и двуокиси углерода. Ими установлено, что влияние примесей зависит от условий разряда. В условиях опыта полярные молекулы H_2O , NH_3 и CH_4 , адсорбируясь на стенках трубки, при низких давлениях тормозили поверхностный процесс в разряде, тогда как неполярные молекулы CO и CO_2 активировали его. Оказалось, что водяные пары не только тормозят процесс, но и активируют его в азотной области, вследствие образования в этих условиях гидроксила. Эта двойная роль водяных паров проявляется в том, что они тормозят поверхностный процесс и активируют процесс окисления в объеме. Активирующая роль CO CO_2 наблюдалась преимущественно в кислородной области газовой смеси и объяснена индуцирующим действием.

Для выяснения действия примесей на окисление азота Бринэ, Кундиг и Толум [2] исследовали влияние незначительных примесей фтора (до 0,5%). Повторив работу Аояма (см. [2]), получившего значительное увеличение производительности разряда в присутствии фтора в воздушной смеси, эти авторы не достигли положительных результатов.

Из различных примесей, влияющих на химические реакции в высокочастотном разряде, наиболее полно изучено В. Н. Кондратьевым [3, 4] действие водяных паров. В. Н. Кондратьев определил, что скорость разложения водяных паров в разряде с образованием иона гидроксила пропорциональна силе тока и парциальному давлению водяных паров. По сравнению с другими газовыми примесями водяные пары обладают наиболее сильным тушащим действием.

В настоящей статье представлены результаты исследований влияния на окисление азота в высокочастотном разряде паров воды, аммиака, окиси и двуокиси углерода и хлора*.

Исследования проводились при атмосферном давлении в ранее описанной установке, в капиллярных трубках [5, 6]. Насыщение воздуха, поступающего в разрядную трубку, парами воды производилось путем пропускания его через склянку с водой при 20° .

Аммиак, окись, двуокись углерода и газообразный хлор добавлялись к воздуху до разряда из баллонов при помощи дроссельных вентилях. Тесное смешение газов обеспечивалось пропусканием газовой смеси через систему смесителей; дозирование газов осуществлялось градуированными реометрами. Кроме того, содержание газовых примесей определялось аналитически в газе, до поступления его в разрядную трубку.

* Исследования проводились с участием сотрудника ЗСФАН СССР С. Н. Солнышковой.

Содержание аммиака определялось абсорбцией его серной кислотой с последующим титрованием; двуокиси углерода — путем поглощения баритовой водой; хлора, после его поглощения, — раствором йодистого калия — титрованием гилосульфитом.

Опыты проводились с газовыми смесями (в объемных процентах) воздуха с CO_2 (0,5—2,0—5,0%), CO (1,0%), NH_3 (1,0—1,5%), Cl_2 (0,01—0,1%).

При добавлении к воздушной смеси около 3% аммиака на стенках трубки наблюдается образование влаги.

Наличие в воздушной смеси газообразных примесей изменяет свечение разряда. Так, в присутствии двууглекислого газа вместо обычного фиолетового свечения появляется зеленое. Внутренняя поверхность трубки при этом фосфоресцирует тоже зеленым свечением. Особенно большие изменения вызывает присутствие хлора, даже в очень небольших количествах. Кроме появления зеленовато-голубого свечения, происходит расплытие медных и железных электродов. Наиболее устойчивыми оказались электроды из нержавеющей стали.

В табл. 1 показаны результаты окисления азота в присутствии двуокиси углерода (0,5, 2,0 и 5,0%) при различных скоростях v газового потока и при межэлектродном расстоянии $l = 15$ и 30 мм.

Таблица 1

Выход окиси азота в высокочастотном разряде в присутствии различных концентраций двуокиси углерода*

| v , л/час | Чистая воздушная смесь | | В присутствии | | | | | |
|-----------------|------------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|
| | | | 0,5% CO_2 | | 2,0% CO_2 | | 5,0% CO_2 | |
| | NO, % | G | NO, % | G | NO, % | G | NO, % | G |
| при $l = 15$ мм | | | | | | | | |
| 88,8 | 2,8 | 1,0 | 2,5 | 0,9 | 2,5 | 1,9 | 2,2 | 0,8 |
| 142,0 | 2,5 | 1,2 | 2,4 | 1,3 | 2,0 | 1,1 | 1,7 | 1,0 |
| 198,0 | 2,4 | 1,8 | 1,7 | 1,4 | 1,7 | 1,3 | 1,6 | 1,2 |
| 306,0 | 1,8 | 2,1 | 1,1 | 1,4 | 1,4 | 1,7 | 1,1 | 1,3 |
| 368,4 | — | — | 1,0 | 1,5 | 1,1 | 1,6 | 1,0 | 1,5 |
| 444,6 | 1,4 | 2,4 | — | — | 0,9 | 1,6 | 1,1 | 1,8 |
| 582,0 | — | — | — | — | 0,8 | 1,9 | 0,9 | 2,1 |
| при $l = 30$ мм | | | | | | | | |
| 88,8 | 3,5 | 0,8 | — | — | 4,6 | 1,0 | 2,9 | 0,7 |
| 142,0 | 3,1 | 1,1 | — | — | 3,4 | 1,2 | 2,6 | 0,9 |
| 198,0 | 2,6 | 1,3 | — | — | 2,8 | 1,4 | 2,1 | 1,0 |
| 306,0 | 2,1 | 1,6 | — | — | 2,0 | 1,6 | 1,4 | 1,1 |
| 368,4 | — | — | — | — | 1,9 | 1,8 | 1,4 | 1,3 |
| 444,6 | 2,0 | 2,2 | — | — | 1,8 | 2,1 | 1,0 | 1,2 |
| 582,0 | — | — | — | — | 1,8 | 2,7 | 0,8 | 1,2 |

Из табл. 1 следует, что увеличение концентрации двуокиси углерода в воздухе до 5%, при $l = 15$ мм, по сравнению с контрольными данными, не оказывает заметного влияния на выход окиси азота, тогда как при $l = 30$ мм и содержании в смеси 2% CO_2 выход окиси азота увеличивается.

* Выход окиси азота в этой и последующих таблицах представлен как в объемных процентах, так и в величинах G, выражающих энергетический выход, вычисленный в молях NO на кат-ч, подведенной к разряду энергии.

В табл. 2 помещены результаты опытов по окислению азота в высокочастотном разряде в присутствии паров воды и аммиака (1—1,5%) при различных скоростях газового потока.

Таблица 2

Выход окиси азота в высокочастотном разряде в присутствии паров воды и аммиака при различных скоростях газового потока и при $l = 15$ мм.

| v , л/час | Чистый газ без примесей | | Газ с примесью паров воды | | Газ с примесью 1,0—1,5% аммиака | |
|-------------|-------------------------|-----|---------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| | NO, % | G | NO, % | G | NO, % | G |
| 88,0 | 2,8 | 1,0 | 3,0 | 1,1 | 3,8 | 1,3 |
| 132,0 | — | — | 2,5 | 1,3 | 2,8 | 1,4 |
| 142,0 | 2,5 | 1,4 | — | — | 2,5 | 1,5 |
| 198,0 | 2,2 | 1,6 | 1,6 | 1,3 | 1,5 | 1,4 |
| 240,0 | 1,8 | 1,7 | 1,3 | 1,4 | — | — |

Как видно из табл. 2, содержание в воздухе водяных паров, равное в наших условиях примерно 1% (насыщение при 20°), а также содержание 1—1,5% аммиака не оказывают заметного влияния на выход окиси азота. Аналогичное действие водяных паров и аммиака, а также, вероятно, и метана, вполне понятно, так как вследствие окисления их в разряде, в конечном счете, образуются водяные пары.

В табл. 3 помещены результаты опытов по окислению азота в высокочастотном разряде в присутствии 1,0% окиси углерода и 0,01—0,1% хлора, при различных v и при $l = 15$ мм.

Таблица 3

Выход окиси азота в высокочастотном разряде в присутствии окиси углерода и хлора при $l = 15$ мм.

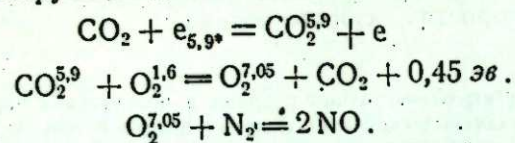
| v , л/час | Чистый газ без примесей | | Газ с примесью 1% окиси углерода | | Газ с примесью 0,01—0,1% хлора | |
|-------------|-------------------------|-----|----------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| | NO, % | G | NO, % | G | NO, % | G |
| 88,8 | 2,8 | 1,0 | 2,1 | 0,7 | 4,3 | 1,5 |
| 162,0 | 2,5 | 1,5 | 2,0 | 1,1 | 2,6 | 1,7 |
| 198,0 | 2,4 | 1,8 | 2,2 | 1,7 | 2,5 | 2,0 |
| 306,0 | 1,8 | 2,1 | 1,5 | 1,8 | 2,0 | 2,5 |
| 368,4 | — | — | 1,2 | 1,8 | — | — |
| 444,6 | 1,4 | 2,4 | 1,1 | 2,0 | — | — |
| 582,0 | — | — | 0,9 | 2,1 | 1,1 | 3,2 |

Сравнивая данные таблиц 1—3, можно сказать, что из исследованных примесей в воздухе в высокочастотном разряде при атмосферном давлении активизируют процесс окисления азота двуокись углерода и особенно хлор. Водяные пары, аммиак и окись углерода, в пределах применяемых концентраций, заметного влияния на процесс окисления азота не оказывали.

Наличие на всех снятых нами спектрограммах спектральных линий OH' свидетельствует о разложении в разряде водяных паров: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H} \cdot + \text{OH}'$. Активизирующее действие водяных паров при низких давлениях, по-видимому, связано с наличием OH' , а тормозящее их действие, при повышенных концентрациях, объясняется их тушащим действием [1].

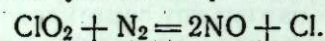
Активизирующее действие двуокиси углерода, проявившееся только в определенных условиях, при 2-процентной концентрации CO_2 и опти-

мальном межэлектродном промежутке, равном 30 мм, возможно объяснить ее сенсibiliзирующим действием по схеме:



Можно допустить также, что молекула CO_2 , обладая большим числом степеней свободы, при определенной концентрации участвует в реакции как «третья молекула», при более высокой концентрации CO_2 преобладает ее тушащее действие.

Более высокий активирующий эффект наблюдается при применении хлора, десятые и сотые доли процента которого в воздухе приводили к значительному увеличению производительности разряда. Действие хлора, по-видимому, отличается от действия двуокиси углерода. Можно предполагать, что оно состоит в иницировании реакции атомами хлора, образующимися в разряде ($\text{Cl}_2 + e = 2\text{Cl} + e$), и через промежуточное соединение типа ClO_2 участвующими в реакции



Выводы

1. Исследовано влияние газообразных примесей — водяных паров, аммиака, окиси и двуокиси углерода и хлора — на окисление азота в высокочастотном разряде при атмосферном давлении.
2. Определено, что при 1-процентной концентрации водяных паров, аммиака и окиси углерода в воздухе заметных изменений в выходе окиси азота не происходит.
3. Активизирующее действие двуокиси углерода замечается только при 2-процентной концентрации CO_2 в воздухе и при определенном оптимальном межэлектродном промежутке, равном 30 мм.
4. Показана высокая активирующая роль хлора, содержащегося в воздухе в количествах, равных десятым и сотым долям процента.
5. Высказано предположение о механизме активирующего действия газообразных примесей на процесс окисления азота в высокочастотном разряде.

Западно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
13/IX 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Коновалова, Н. И. Кобозев, Об объемном и поверхностном процессе при окислении азота в тлеющем разряде. ЖФХ, XII, 1938; XIII, 1939; XIV, 1940.
2. E. Griner, J. Kundig, R. Tolm. Helv. Chim. Acta, XXVIII, 1945.
3. В. Н. Кондратьев, Свободный гидроксил. ОНТИ, 1939.
4. В. Н. Кондратьев, Спектроскопическое изучение химических газовых реакций. Изд. АН СССР, 1947.
5. Т. В. Заболоцкий, Прямое окисление азота, Хим. наука и промышл., т. 1, № 6, 1956.
6. Т. В. Заболоцкий, Об активации реакции окисления азота в разряде. Изв. вост. филиалов АН СССР, № 1, 1957.

* Цифрами обозначены энергии возбуждения частиц.

В. А. ПЕНТЕГОВА, А. И. ЛИСИНА

СМОЛЯНЫЕ КИСЛОТЫ ЖИВИЦЫ СИБИРСКОЙ ЛИСТВЕННИЦЫ С ОТКРЫТЫХ КАРР

Развитие канифольно-терпентинной промышленности требует расширения исследований по изысканию новых источников сырья. С этой точки зрения большой интерес представляет лиственница, как наиболее распространенная в Сибири и на Дальнем Востоке хвойная порода. В лиственнице содержатся две разновидности живиц: одна находится во внутренних сместилищах (так называемых смоляных карманах), другая заполняет смоляные ходы. Живица европейской лиственницы из внутренних смолеместилищ, называемая венецианским терпентином, ценится очень высоко на мировом рынке. Для ее добычи за границей применяются специальные методы подсочки (штирийский и тирольский), заключающиеся в просверливании отверстий внутрь дерева. Живица из смоляных ходов может быть добыта подсочкой нисходящими или восходящими каррами.

В 1932—1933 гг. А. П. Пентеговым и Н. Н. Вшивцевым (см. [1]) проведена опытная подсочка сибирской лиственницы 18000 деревьев штирийским способом и открытыми каррами.

Для подобного изучения живицы из внутренних смолеместилищ лаборатория лесохимии Западно-Сибирского филиала АН СССР в 1953 г. провела подсочку сибирской лиственницы штирийским способом в Эликманарском районе Алтайского края [2]. Параллельно были поставлены опыты подсочки открытыми каррами.

Опыты А. П. Пентегова и лесохимической лаборатории ЗСФАН СССР показали пригодность сибирской лиственницы для добычи живицы из ее внутренних смолеместилищ, а также почти полную идентичность живиц сибирской и европейской лиственниц.

Живица сибирской лиственницы из внутренних смолеместилищ при переработке дает скипидар с содержанием до 80% α - и β -пиненов и канифоль высших марок, т. е. может служить полноценным сырьем для канифольно-терпентинной промышленности [3]. Кроме того, она может применяться как венецианский терпентин в переработанном виде для лакокрасочной промышленности.

Как показали наши опыты, опыты А. П. Пентегова и др., живица лиственницы с открытых карр через 1—2 месяца закристаллизовывается и по внешнему виду становится похожа на живицу сосны. Живица лиственницы из внутренних смолеместилищ, простояв в лаборатории при доступе воздуха в течение 4 лет, по-прежнему не кристаллизуется. Это побудило нас провести изучение живицы лиственницы с открытых карр с тем, чтобы приблизиться к пониманию процессов, протекающих внутри дерева и обуславливающих внешнее различие живиц. Для добычи живицы с открытых карр нами была проведена опытная подсочка сибирской лиственницы летом 1956 г. в Бобровском районе Алтайского края.

Живица лиственницы, собранная в стеклянные приемники, прозрачна и имеет желтый или желтовато-зеленоватый цвет. Средний выход живицы

за два месяца подсочки (8 подновок) вместе с баррасом, соскобленным с карр при закрытии участка, на 1 карру 40 г, а на 1 подновку 4,5 г.

В опытах А. П. Пентегова и Н. Н. Вшивцева средний выход на 1 подновку составлял с июня по август в среднем от 3,1 до 6,6 г (лучший месяц для подсочки — июль).

Подсочка, проводившаяся нами в 1953 г. в Эликманарском районе Алтайского края, дала 1500 г живицы с 44 карр; выход живицы на 1 карру составил 34 г и на 1 подновку 34 г.

Физико-химические свойства живицы лиственницы с открытых карр и из внутренних смолеместилниц показаны в табл. 1.

Как видно из табл. 1, оба вида живицы близки по физико-химическим свойствам. Однако у живицы с открытых карр выше показатель преломления, удельный вес, кислотное число и число омыления и ниже удельное вращение. Такое различие живиц может быть объяснено неодинаковым содержанием окисленных продуктов в них: в живице из внутренних смолеместилниц их больше.

При изучении живицы из внутренних смолеместилниц [4] мы обратили внимание на то, что смоляная кислота не кристаллизуется в присутствии окисленных продуктов, в частности, в присутствии диоксисмоляной кислоты. Ее удалось выкристаллизовать только после тщательной очистки от диоксисмоляной кислоты. Кроме того, наличие окисленных продуктов как бы предохраняет смоляную кислоту от изомеризации. Этим, вероятно, объясняется то, что живица из внутренних смолеместилниц не кристаллизуется даже при длительном хранении, т. е. не происходит изомеризации смоляной кислоты в абетиновую.

В живице с открытых карр, которая, по-видимому, в момент выделения совсем не содержит окисленных продуктов или содержит их очень мало, процесс изомеризации смоляной кислоты в абетиновую, вероятно, опережает процесс окисления и живица кристаллизуется.

Чтобы определить состав кристаллической части живицы с открытых карр сбора 1953 г. с кислотным числом 108,0, удельным вращением $[\alpha]_D = +7,6$ и показателем преломления $n_D^{20} = 1,5274$, был проведен следующий опыт. К 100 мл живицы добавлялось 10 мл петролейного эфира, чтобы сделать ее более текучей. Кристаллическая часть живицы отфильтровывалась на воронке Бюхнера, выход ее составлял 2%. Кристаллы из ацетона имели форму (под микроскопом) квадратных пластинок со срезами по диагонали углами, а из спирта — треугольничков. Кристаллическая часть омылялась 1-процентным едким натром. Выпавший абетинат смоляной кислоты растворяли в горячей воде, выкристаллизовывали при охлаждении и разлагали уксусной кислотой. Полученная кислота, высушенная в вакуум-эксикаторе, имела удельное вращение $[\alpha]_D = -50,0$, кислотное число 176,0 и температуру плавления 138—140°. Форма кристаллов и величина удельного вращения говорят за то, что это недоочищенная абетиновая кислота. Дальнейшей очистке она не подвергалась.

Живица с открытых карр сбора 1956 г. изучалась подробно. Так же, как при изучении смоляной части живицы из внутренних смолеместилниц [4], живица с открытых карр омылялась 1-процентным едким натром для извлечения из нее смоляной части. Нейтральные продукты удалялись экстракцией диэтиловым эфиром. После удаления их смоляные кислоты осаждались уксусной кислотой. Смесь кислот высушивалась в вакуум-эксикаторе до постоянного веса, затем обрабатывалась петролейным эфиром для удаления окисленных продуктов.

Данные табл. 2 позволяют сравнивать полученные результаты с результатами исследования живицы из внутренних смолеместилниц.

Таблица 1

| Год подсочки | Проба | Цвет | Содержание скипидара, % | n_D^{20} | $[\alpha]_D$ | d_{20}^{20} | До ацетилирования | | После ацетилирования | |
|-------------------------------------|---|-------------------|-------------------------|------------|--------------|---------------|-------------------|----------------|----------------------|----------------|
| | | | | | | | кислотное число | число омыления | кислотное число | число омыления |
| 1956, открытые карры | Средняя из стеклянных приемников | Желтовато-зеленый | 20,0 | 1,5308 | +8,4 | 1,0181 | 84,0 | 88,7 | 100,6 | 128,3 |
| | Средняя I из железных приемников | Серый | 21,0 | 1,5306 | +12,3 | 1,0312 | 106,2 | 112,0 | 116,0 | 135,9 |
| | Средняя II из железных приемников (фильтрованная) | | 19,2 | 1,5248 | +17,4 | 1,0330 | 111,0 | 115,0 | 115,0 | 127,0 |
| | Дерево 114 | Желтовато-зеленый | | 1,5294 | +5,0 | 1,0283 | 122,5 | 126,0 | 128,6 | 141,6 |
| | > 80 | Бесцветный | | 1,5318 | +21,0 | 1,0251 | 124,0 | 124,6 | 114,0 | 123,0 |
| | > 78 | Желтый | | 1,5267 | +13,0 | 1,0220 | 110,0 | 111,0 | 116,0 | 138,0 |
| 1956, внутренние смолеместилница | > 120 | Желтовато-зеленый | | 1,5298 | +15,8 | 1,0333 | 126,0 | 126,0 | 139,5 | 153,0 |
| | > 61 | Бесцветный | | 1,5328 | +14,4 | 1,0227 | 114,0 | 120,0 | 122,0 | 139,0 |
| | > 86 | Желтоватый | | 1,5274 | +15,6 | 1,0251 | 119,0 | 119,0 | 119,0 | 145,0 |
| | Средняя | Зеленовато-желтый | 20,9 | 1,5281 | +18,6 | 1,0092 | 94,0 | 108,3 | 100,0 | 119,4 |
| | 1 | Зеленовато-желтый | 22,6 | 1,5228 | +13,0 | 1,0128 | 103,8 | 124,0 | 92,3 | 105,8 |
| 2 | " | 18,8 | 1,5226 | +18,5 | 1,0119 | 100,8 | 109,5 | 96,7 | 133,4 | |
| 3 | " | 18,4 | 1,5206 | +22,2 | 1,0042 | 105,0 | 107,0 | 95,2 | 124,2 | |
| 4 | " | 20,4 | 1,5203 | +15,1 | 0,9948 | 101,0 | 105,5 | 88,0 | 92,0 | |
| 5 | " | 16,9 | 1,5231 | +33,9 | 1,0058 | 94,0 | 98,7 | 91,6 | 120,1 | |

Таблица 2

| Живица | Наименование фракции | Кислотное число | $[\alpha]_D$ | Т. пл. °С | Выход в % к сухой смеси |
|---|-----------------------------------|-----------------|--------------|-----------|-------------------------|
| С открытых карр (сбора 1956 г.) | Растворимая в петролейном эфире | 152,0—185,0 | +16,7—+31,0 | — | 93,3—95,4 |
| | Нерастворимая в петролейном эфире | 89,6—147,5 | +49,7—+125,0 | 215 | 4,6—6,7 |
| Из внутренних смолвместилец (сбора 1953 г.) | Растворимая в петролейном эфире | 176,0—186,0 | +12,1—+28,8 | 120—130 | 88,0—94,0 |
| | Нерастворимая в петролейном эфире | 92,4—106,6 | +37,4—+43,4 | 223—230 | 6,0—12,0 |

Из фракции, растворимой в петролейном эфире, выделена смоляная кислота. Очистка ее от примесей производилась хроматографическим методом [5]. В качестве адсорбента применялся силикагель. Вытеснение из колонки производилось бензолом.

Физико-химические показатели кислоты приведены в табл. 3 (для сравнения в таблице приводятся показатели кислоты, ранее выделенной нами из живицы внутренних смолвместилец).

Таблица 3

| Физико-химические показатели | Кислота из живицы с открытых карр | Кислота из живицы из внутренних смолвместилец | Вычислено для $C_{20}H_{30}O_4$ |
|--|-----------------------------------|---|---------------------------------|
| Кислотное число | 185,4; 185,0 | 185,6; 186,2 | 185,6 |
| Удельное вращение | +20,9; +16,7 | +15,2; +48,8 | — |
| Йодное число по Гюблю | 155,0 — | 175,6; 174,4 | 168,1 |
| Молекулярный вес по Расту | 306 — | 303,4; 301,7 | 302,2 |
| Число активных атомов водорода по Терентьеву | 0,7; 1,0 | 1,0; 1,2 | 1 |
| Элементарный состав в %: | | | |
| С | 79,55; 79,28 | 79,87; 79,66 | 79,41 |
| Н | 10,11; 10,84 | 10,82; 10,75 | 10,00 |

Смоляная кислота живицы с открытых карр идентична кислоте живицы из внутренних смолвместилец. При хранении на воздухе она легко окисляется и изомеризуется.

Фракция, нерастворимая в петролейном эфире, при обработке ацетоном разделяется на две: растворимую и нерастворимую.

Растворимая в ацетоне фракция состоит из кислоты, имеющей после очистки методом хроматографии на силикагеле следующие физико-химические показатели:

| | |
|-----------------------------------|-------|
| Кислотное число | 160 |
| Удельное вращение | 0,0 |
| Йодное число по Гюблю | 147,3 |
| Молекулярная рефракция, найдено: | 91,58 |
| $C_{20}H_{30}O_4$ вычислено: | 91,61 |
| Элементарный состав в %, найдено: | |
| С | 72,83 |
| Н | 9,74 |

| | |
|--|-------|
| $C_{20}H_{30}O_4$ вычислено: С | 71,82 |
| Н | 9,04 |
| Число активных атомов водорода по Терентьеву | 2,8 |

Сопоставляя полученные в опыте и вычисленные данные, можно сделать заключение, что растворимая в ацетоне фракция представляет собой диоксисмоляную кислоту. Аналогичное заключение было сделано нами при изучении смоляной части живицы из внутренних смолвместилец.

Нерастворимая в ацетоне фракция имеет кислотное число 112,0 и $[\alpha]_D = +105,2$. Очистка ее проводилась хроматографическим методом на силикагеле. В качестве растворителя использовался метанол-бензол (1 : 1). Вытеснение из колонки производилось метанол-бензолом. Физико-химические свойства полученной после хроматографии кислоты приводятся в табл. 4 в сопоставлении со свойствами кислоты, выделенной из нерастворимой в ацетоне фракции живицы внутренних смолвместилец.

Таблица 4

| Физико-химические показатели | Высокомолекулярная кислота живицы с открытых карр | Высокомолекулярная кислота живицы из внутренних смолвместилец | Вычислено для $C_{20}H_{30}O_4$ с тремя карбокс. группами |
|------------------------------|---|---|---|
| Кислотное число | 149,0 | 153,0 | 157 |
| Удельное вращение | +157,0 | +41,7 | — |
| Молекулярный вес по Расту | 1050 | 1060 | 1076 |
| Элементарный состав в %: | | | |
| С | 77,88 | 78,79 | 78,13 |
| Н | 10,71 | 11,09 | 11,52 |

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что в живице с открытых карр содержится высокомолекулярная кислота, найденная нами среди окисленных продуктов живицы лиственницы из внутренних смолвместилец.

Низкое кислотное число нерастворимой в ацетоне фракции (112,0) по сравнению с кислотным числом высокомолекулярной кислоты, полученной после хроматографии (149,0), позволяет предполагать наличие еще одной кислоты с низким кислотным числом. При очистке фракций хроматографическим методом эта кислота остается в колонке. Среди окисленных продуктов живицы из внутренних смолвместилец нам удалось выделить высокомолекулярный оптически недеятельный продукт с кислотным числом около 25.

Если нерастворимую в петролейном эфире фракцию до обработки ацетоном обработать диэтиловым эфиром, то в виде нерастворимой фракции остается продукт с кислотным числом 49,6, не обладающий удельным вращением. Последнее также подтверждает наличие высокомолекулярного продукта окисления в живице с открытых карр.

Изучение смоляных кислот связано с большими трудностями: они легко изомеризуются и окисляются и сохранить их в чистом виде невозможно. Поэтому многие исследователи прибегают к получению различных производных смоляных кислот, с которыми легче и удобнее работать.

Подобно другим органическим кислотам, смоляные кислоты способны к образованию сложных эфиров. Метилвые и этиловые эфиры можно

получить при действии этил- и метилсульфатов на натриевые соли смоляных кислот или реакцией йодистого метила с серебряной солью соответствующей кислоты.

Ружичка [6], В. Н. Крестинский и др. [7], А. П. Пентегов и В. А. Пентегова [8] получали метиловые эфиры при действии йодистого метила на серебряные соли смоляных кислот. Серебряная соль смоляной кислоты, полученная действием азотнокислого серебра на натриевую соль, растворялась в сухом эфире и нагревалась с йодистым метилом в колбе с обратным холодильником.

Бауерс, Халлелл и др. [9], изучая тритерпеновые кислоты, применили новую методику получения метиловых эфиров — действие диазометана на исходную кислоту. Реакция идет при охлаждении. Этот метод, по нашему мнению, наиболее приемлем для получения метиловых эфиров смоляных кислот, так как взаимодействие протекает в мягких условиях, исключаящих процесс изомеризации исследуемой кислоты.

Метиловый эфир смоляной кислоты

При изучении смоляной части живицы лиственницы с открытых карр мы применили описанный выше метод получения метиловых эфиров смоляных кислот.

Диазометан получался по методу Ф. Арида (см. [10]) из нитрозометилмочевинны (которая была получена из ацетамида) и сохранялся в эфирном растворе в холодильнике.

Метилирование смоляной кислоты диазометаном проводилось в эфирных растворах при охлаждении льдом. Свежеприготовленный эфирный раствор диазометана добавлялся небольшими порциями к эфирному раствору смоляной кислоты до прекращения выделения пузырьков газа. После окончания реакции диэтиловый эфир со следами диазометана осторожно удалялся и полученный метиловый эфир подвергался очистке методом хроматографии. В качестве адсорбента применялась окись алюминия.

Для получения метилового эфира была взята смоляная кислота с кислотным числом 185,4, йодным числом 155 и удельным вращением $[\alpha]_D = 20,9$. Высушенный в вакууме метиловый эфир смоляной кислоты представляет собой вязкую темно-желтую жидкость с молекулярным весом 326, показателем преломления $n_D^{20} = 1,5224$ и оптической дисперсией 39,5. Кислотное число его равно нулю, т. е. метилирование проходит полностью.

Полученный эфир был растворен в бензоле и введен в колонку с окисью алюминия. Вытеснение производилось петролейным эфиром (I зона) и этанолом (II зона). После удаления петролейного эфира был получен жидкий светло-желтый оптически недеятельный продукт со следующими свойствами:

| | |
|--|----------------|
| Показатель преломления | 1,5321; 1,5320 |
| Йодное число по Гюбле | 147, — |
| Число активных атомов водорода по Терентьеву | 0, — |
| Молекулярный вес по Расту | 319,6; 314,7 |
| Молекулярная рефракция, найдено: | 90,0; 89,6 |
| $C_{21}H_{32}O_2$ вычислено: | 93,3 |
| Элементарный состав в % найдено: С | 79,42; 80,60 |
| Н | 11,16; 10,40 |
| $C_{21}H_{32}O_2$ вычислено: С | 79,62; 80,60 |
| Н | 10,19; 10,40 |

Сравнивая полученные данные с вычисленными, можно с уверенностью сказать, что при метилировании диазометаном получается метиловый эфир смоляной кислоты. Примесью к нему является, по-видимому, эфир диоксисмоляной кислоты (молекулярный вес 441).

Получение одного метилового эфира смоляной кислоты еще раз подтверждает сделанный нами ранее вывод о наличии одной смоляной кислоты в живице лиственницы [4].

Метиловый эфир смоляной кислоты хорошо сохраняется в течение продолжительного времени.

Метиловый эфир диоксисмоляной кислоты

Для метилирования диазометаном, с целью получения метилового эфира, была взята диоксисмоляная кислота с кислотным числом 160,0, йодным числом 147,3, количеством активных атомов водорода 2,8 и элементарным составом в % : С — 72,83 и Н — 9,74. Метилирование производилось так же, как со смоляной кислотой. Метиловый эфир диоксисмоляной кислоты — аморфное твердое светло-коричневое вещество. Очистка его производилась с помощью адсорбционной хроматографии, в качестве адсорбента использовалась окись алюминия. Вытеснение производилось этанолом. Метиловый эфир имеет следующие физико-химические свойства:

| | |
|--|--------------|
| Кислотное число | 0,0; 0,0 |
| Показатель преломления | 1,5217 — |
| Йодное число | 111,7 — |
| Число активных атомов водорода по Терентьеву | 1,6; 2,0 |
| Молекулярный вес по Расту | 350,2; 350,0 |
| Молекулярная рефракция, найдено: | 96,31 |
| $C_{21}H_{32}O_4$ вычислено: | 96,35 |
| Элементарный состав в %, найдено: С | 73,60; 74,90 |
| Н | 9,91; 10,43 |
| $C_{21}H_{32}O_4$ вычислено: С | 72,40 |
| Н | 9,29 |

Отсутствие кислотности и изменение количества активных атомов говорят за то, что метилирование проходит полностью.

При изучении диоксисмоляной кислоты живицы из внутренних смоловместилищ мы проводили опыты ацетилирования этой кислоты. Оказалось, что в выбранных нами условиях (кипячение в течение одного часа в присутствии уксусного ангидрида и уксуснокислого натрия) происходит ацетилирование только одной из двух оксигрупп.

При ацетилировании метилата диоксисмоляной кислоты образуется уксусный эфир также с одной ацетогруппой. Такое явление может объясняться различным расположением оксигрупп (вторичная и третичная) в молекуле. Физико-химические свойства уксусного эфира следующие:

| | |
|--|-------|
| Число активных атомов водорода по Терентьеву | 1,0 |
| Молекулярный вес по Расту | 377,7 |
| $C_{23}H_{34}O_5$ вычислено: | 376,5 |
| Элементарный состав в %, найдено: С | 75,00 |
| Н | 9,08 |
| $C_{23}H_{34}O_5$ вычислено: С | 73,32 |
| Н | 9,63 |

Метилловый эфир высокомолекулярной кислоты

Метилирование высокомолекулярной кислоты производилось в тех же условиях, что и для смоляной и диоксисмоляной кислот. В качестве растворителя применялся метанол-бензол (1 : 1). Данные анализа исходной кислоты и полученного эфира приводятся в табл. 5. Очистка метилового эфира проводилась хроматографическим методом на окиси алюминия. В качестве растворителя использовался бензол. Вытеснение производилось бензолом с примесью метанола.

Таблица 5

| Физико-химические показатели | Исходная кислота $C_{70}H_{123}O_7$ | Полученный метилловый эфир | Вычислено для $C_{71}H_{125}O_7$ |
|--|--|-------------------------------|--|
| Кислотное число | 149,0 | 0,0; 0,0 | — |
| Йодное число по Гюбле | 130,0 | 126,6; — | — |
| Число активных атомов водорода по Терентьеву | — | 1,3; 0,9 | 1 |
| Молекулярный вес по Расту | 1050 | 1150,0; 1084,0 | 1117 |
| Элементарный состав в %: | | | |
| С | 77,88 | 78,79; 78,22 | 78,49 |
| Н | 10,71 | 11,09; 12,15 | 11,55 |

Метилловый эфир высокомолекулярной кислоты — аморфное коричневое вещество. Кислотное число полученного эфира равно нулю, следовательно, метилируются все три карбоксильные группы и только оксигруппа, имеющаяся в высокомолекулярной кислоте, дает при анализе один активный атом водорода.

Следует отметить, что изучение высокомолекулярной кислоты из живицы внутренних смоловместилищ доставило нам много трудностей из-за нерастворимости этой кислоты в большинстве органических растворителей. Она растворялась только в метанол-бензоле, что ограничивало наши определения (в частности, нельзя было определить содержание активных атомов водорода). Растворимость метилового эфира высокомолекулярной кислоты в бензоле, диэтиловом эфире, метаноле расширяет возможности более подробного изучения исходной кислоты.

Выводы

1. Живица лиственницы с открытых карр по своим физико-химическим свойствам близка к живице из внутренних смоловместилищ. Единственным различием является способность живицы с открытых карр кристаллизоваться при хранении, что объясняется образованием абietetиновой кислоты.

2. Смоляная кислота свежевыделенной живицы с открытых карр имеет положительное удельное вращение, легко окисляется и изомеризуется в присутствии кислорода воздуха. По своим свойствам она похожа на кислоту, ранее выделенную нами из живицы внутренних смоловместилищ.

3. Нерастворимая в петролейном эфире фракция содержит три окисленных кислоты: диоксисмоляную $C_{20}H_{30}O_4$, высокомолекулярную $C_{70}H_{123}O_7$ и высокомолекулярный продукт с низким кислотным числом. Все выделенные кислоты идентичны кислотам, найденным нами ранее среди окисленных продуктов живицы лиственницы из внутренних смоловместилищ.

4. Для получения метиловых эфиров смоляных кислот и продуктов их окисления особенно желательно применение метода метилирования диазометаном. Метилирование протекает в мягких условиях, исключая изменение исходных веществ.

5. Метилловые эфиры смоляной кислоты и оксикислот получаются с хорошими выходами и легко поддаются очистке с помощью хроматографии.

Западно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
10/Х 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. С. В. Нетунская, Живица кедр сибирского. Новосибирск, 1947.
2. В. А. Пентегова, А. И. Лисина, Физико-химические свойства живицы сибирской лиственницы из внутренних смоловместилищ. Сб. ХМИ ЗСФАН СССР, № 13, 1958.
3. В. А. Пентегова, А. И. Лисина, Состав и свойства скипидара сибирской лиственницы. Сб. ХМИ ЗСФАН СССР, № 13, 1958.
4. В. А. Пентегова, А. И. Лисина, Состав смоляной части живицы сибирской лиственницы. Сб. ХМИ ЗСФАН СССР, № 13, 1958.
5. В. А. Пентегова, А. И. Лисина, Применение метода хроматографии при анализе смоляных и оксисмоляных кислот. Изв. вост. филиалов АН СССР, № 1, 1957.
6. Ruzicka, Balas, Lbl. III, 1462, 1923.
7. В. Н. Крестинский, Н. И. Персианцева, А. А. Новак, Исследование в области смоляных кислот хвойных. ЖПХ, т. XII, 9, 1939.
8. А. П. Пентегов, В. А. Пентегова, Смоляные кислоты живицы сибирского кедр. Тр. ХМИ ЗСФАН СССР, вып. 7, 1953.
9. Bowers, Halsall, Gones, Lemm, The Chemistry of the Triterpenes and Related Compounds. Journal of the Chemical Society, Sept. 1953.
10. Синтезы органических препаратов, Сб. 2, 1949.

С. И. ПОПЕЛЬ, О. А. ЕСИН, В. Г. КОРПАЧЕВ

К МЕТОДИКЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ВЯЗКОСТИ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ

Вспенивание шлаков в сталеплавильных печах иногда сильно осложняет ведение процесса рафинирования металла и снижает производительность агрегатов. Существенными факторами стабилизации пены, как известно [1, 2], являются повышенная вязкость и механическая прочность адсорбционных слоев. Поэтому выяснение влияния температуры и состава силикатного расплава на поверхностную вязкость представляется актуальной задачей.

Решением этой задачи почти не занимались. Нам известна лишь работа И. П. Семика [3], согласно которой величина угла закручивания струны вискозиметра при полном погружении головки шпинделя в расплав значительно меньше, чем в случае пересечения им поверхности шлака. В частности, для сплава, содержащего 34,4% SiO_2 , 12,2% Al_2O_3 , 46,4% CaO , 5% CaS , 1,2% MgO , 0,7% MnO , 0,1% FeO , величины углов были равны 2,8 пуаза в объеме (при 1605°) и 13,8 пуаза на поверхности (при 1660°). Хотя последняя величина является весьма приближенной, вследствие меньшей поверхности соприкосновения шпинделя с расплавом, эти результаты, несомненно указывают на повышенную вязкость поверхностного слоя.

Нами сделана попытка разработать детали методики для оценки поверхностной вязкости шлаков.

Экспериментальная установка

Из различных способов измерения вязкости адсорбционных слоев в водных растворах (см., например, [4, 5]) мы остановились на методе затухающих колебаний диска, пересекающего поверхность жидкости. Этот метод имеет широкое применение. В частности, он использован в работах Шютта [6], Лангмюра и Шефера [7], а также А. А. Трапезникова [8]. Последний считает его наиболее универсальным, позволяющим не только качественно сравнивать поверхностную и объемную вязкости данного раствора, но и выразить их количественно.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Колебательная система аналогична применяемой при низкотемпературных измерениях (см., например, [8]). Шпиндель 1 — железный диск (диаметром 20 мм и высотой 6 мм), жестко сочлененный со стержнем (диаметром 3 мм, длиной 400 мм) с помощью специальной головки 2, подвешен на нихромовой струне 3. Соединительная головка (диаметром 16 мм и высотой 50 мм), изготовленная из бронзы, имела паз, в котором закреплялось зеркало. На верхнем торце ее укреплялись цапга для зажима струны и две железные пластинки 14 для возбуждения крутильных колебаний с помощью электромагнита 15.

Изменение глубины погружения диска в шлак осуществлялось ра-

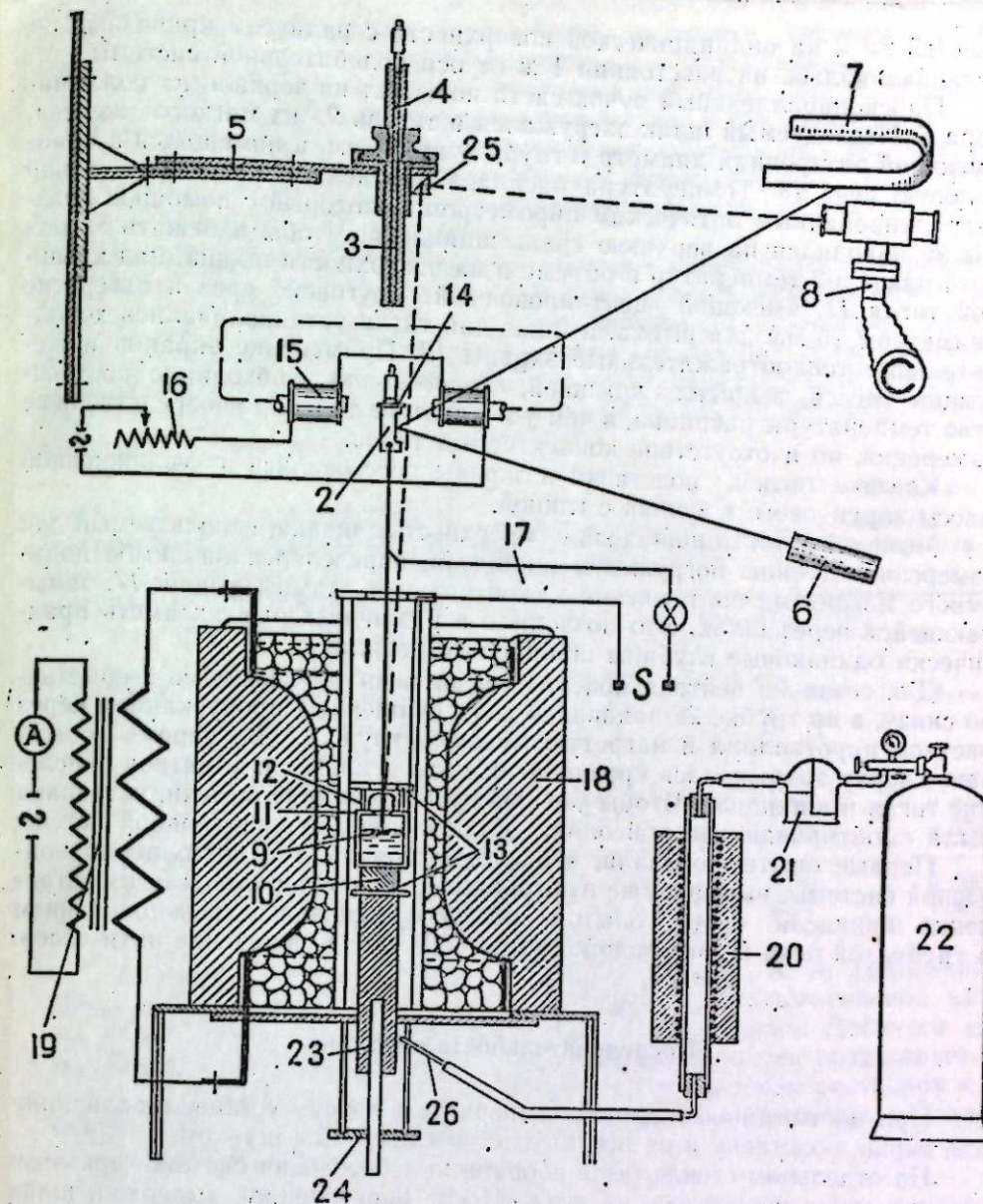


Рис. 1. Схема установки для измерения поверхностной и объемной вязкости расплавов. 1 — шпиндель, 2 — соединительная головка, 3 — струна, 4 — микрометрический винт, 5 — подвижная консоль, 6 — коллиматор, 7 — шкала, 8 — оптический пирометр, 9 — тигель с исследуемым расплавом, 10 — подставка, 11 — крышка, 12 — подставка верхнего экрана, 13 — экраны, 14 — железные пластинки, 15 — электромагнит, 16 — реостат, 17 — вспомогательная цепь с лампой, 18 — печь, 19 — трансформатор, 20 — печь с медной стружкой, 21 — склянка со щелочным раствором пирогаллола, 22 — баллон с азотом, 23 — подставка, 24 — крышка, 25 — призма, 26 — трубка для подвода азота.

нее описанным [9] приспособлением 4, которое укреплялось на поворотной площадке подвижной консоли 5. Это позволяло с достаточной точностью центрировать колебательную систему относительно оси тигля. Для устранения поперечных смещений контур магнитных силовых линий был замкнут. Плавное возбуждение колебаний и снятие остаточного магнетизма при выключении достигались с помощью реостата [16]. Колебания фиксировались по движению светового зайчика, отраженного зеркалом на измерительную шкалу 7, которая имела деления через каж-

дые 0,5 см и на цилиндрической поверхности с радиусом кривизны 1 м устанавливалась на расстоянии 1 м от оси колебательной системы.

Плоскопараллельный пучок света поступал на зеркало из коллиматора 6. Исследуемый шлак загружался в тигель 9 из мягкого железа, имеющий внутренний диаметр и глубину по 50 мм, и помещался в криповую печь 18. Температура расплава определялась предварительно отградуированным оптическим пирометром 8, который с помощью призмы 25 наводился на верхнюю грань шпинделя. Чтобы избежать заметного различия температур в объеме и на поверхности шлака, над крышкой тигля 11, имеющей центрировочный круговой срез и отверстие диаметром 15 мм для штока, и ниже дна тигля устанавливались дополнительные теплоотражательные экраны 13. Применение экранов и железных тиглей, закрытых крышкой, обеспечивало постоянное присутствие температуры расплава, в чем убеждали не только непосредственные измерения, но и отсутствие конвективных токов.

Крышки тиглей, подставки и экраны прессовались из увлажненной массы корундового порошка с глиной.

Момент контакта шпинделя с поверхностью шлака, используемый для измерения глубины погружения шпинделя, определялся на лимбе подъемного механизма по зажиганию контрольной лампы в цепи 17, замыкающейся через шлак. Это позволило в различных опытах иметь практически одинаковые глубины шпинделя в расплаве.

Для создания нейтральной атмосферы печь закрывалась герметично снизу, а по трубке 26 подавался азот, очищенный пропусканием через раствор пирогаллола и нагретую медную стружку. Во время опыта печь сверху закрывалась крышкой. Все это исключало заметное окисление тигля и шпинделя. Чтобы уменьшить посторонние помехи, установка была смонтирована на консолях, закрепленных в капитальной стене.

Первые опыты показали, что иногда появляются возмущения подвесной системы, вызываемые пузырьками окиси углерода. Для их устранения шпиндели перед опытом обезуглероживались выдерживанием в трубчатой печи в токе водорода при 850—900° С в течение пяти часов.

Последовательность операций

При достижении заданной температуры в печь устанавливали нижний экран, подставку и на нее тигель с исследуемым шлаком.

На отдельном стенде была собрана колебательная система, при этом крышка тигля надевалась на шток. После определенной выдержки шлак перемешивался и колебательная система устанавливалась так, чтобы шпиндель свободно висел над поверхностью шлака, когда крышка плотно закрывала тигель. На крышку помещали верхний экран на подставке. После центрирования подвесной системы печь закрывалась крышкой. Система снова выдерживалась до тех пор, пока внесенные в нее элементы не приобретали заданной температуры. Затем диск погружался в шлак на половину его высоты, и возбуждались крутильные колебания. Амплитуды их фиксировались в зависимости от величины вязкости через одно, пять, десять и более колебаний, а по ним рассчитывался логарифмический декремент затухания в поверхности ($\lambda_{\text{пов}}$).

Повторив аналогичные измерения пять или более раз, погружали шпиндель в шлак на глубину 5 мм от верхней плоскости диска и определяли декремент затухания в объеме ($\lambda_{\text{об}}$).

При повторном поднятии диска в поверхностный слой в ряде случаев наблюдались более низкие значения $\lambda_{\text{пов}}$. Обусловлено это, по-ви-

димому, нарушением структуры поверхностного слоя при стекании шлака со шпинделя, так как после некоторой выдержки системы в таком положении получались результаты, близкие к первоначальным.

Затем меняли температуру и повторяли измерения. Для ряда шлаков величины λ определялись как при нагревании, так и при охлаждении шлака. Отклонения отдельных значений декремента от средних величин, вычисленных из двадцати и более колебаний, составляли при 1300—1460° в среднем 6% в поверхности и 4% в объеме, тогда как для водных растворов они равнялись соответственно 3 и 2%.

Для проверки чувствительности системы определялись декременты затухания при колебании диска в монослое пальмитиновой кислоты (т. пл. 60°), измерявшиеся ранее А. А. Трапезниковым [8]. Поскольку момент инерции системы и упругость струны были различны, сравнивались не декременты, а их изменение в зависимости от поверхностной концентрации (Γ) пальмитиновой кислоты и основности подкладки (pH). Результаты измерений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость логарифмического декремента затухания ($\lambda_{\text{пов}}$) в монослое пальмитиновой кислоты от поверхностной концентрации (Γ) ее и основности подкладки при 20° С

| По данным Трапезникова [8] | | | По нашим данным | | |
|-------------------------------|---|------------------------|-------------------------------|---|------------------------|
| Основность подкладки (pH) | $\Gamma_{\text{мол.}} \cdot 10^{10}$ см ² | $\lambda_{\text{пов}}$ | Основность подкладки (pH) | $\Gamma_{\text{мол.}} \cdot 10^{10}$ см ² | $\lambda_{\text{пов}}$ |
| 3 | 3,46 | 0,0701 | 3 | 3,71 | 0,0607 |
| | 6,99 | 0,0724 | | 6,36 | 0,0687 |
| | 8,70 | 0,0718 | | 9,05 | 0,0781 |
| 6,5 | 2,16 | 0,0946 | 7 | 1,59 | 0,0605 |
| | 3,74 | 0,2242 | | 3,71 | 1,034 |

Из табл. 1 видно, что наши данные и данные А. А. Трапезникова [8] по повышению λ с увеличением концентрации пальмитиновой кислоты и pH раствора находятся в качественном согласии. Добиться количественного совпадения результатов не представляется возможным, так как трудно точно воспроизвести условия приготовления растворов и особенно состояние их поверхности, весьма сильно влияющие на поверхностную вязкость.

Метод оценки поверхностной вязкости

Констатировать избыточную вязкость поверхностного слоя и определить ее относительную величину можно по соотношению декрементов $\lambda_{\text{пов}}$ и $\lambda_{\text{об}}$. Так как площадь соприкосновения шпинделя с жидкостью в верхнем положении меньше, чем в объеме, то при одинаковой вязкости отношение $\frac{\lambda_{\text{пов}}}{\lambda_{\text{об}}} = \alpha$ меньше единицы. Вычисленные по нашим измерениям

величины α для чистых жидкостей (вода, анилин) и ряда масел, не имеющих повышенной поверхностной вязкости, приведены в табл. 2. Они близки между собой и составляют в среднем $0,56 \pm 0,02$.

Более высокие значения α можно рассматривать как указание на повышенную вязкость поверхностного слоя. Для определения ее абсолют-

Таблица 2

Значения α для чистых жидкостей и растворов, не имеющих повышенной поверхностной вязкости

| Наименование жидкостей | Вязкость η при 20° С. сантипуаз | Значения α , полученные с колебательной системой | |
|------------------------|--------------------------------------|---|-------|
| | | № 1* | № 2* |
| Вода дистиллированная | 1,00 | 0,572 | 0,565 |
| Этиловый спирт | 1,20 | 0,540 | — |
| Дизельное топливо «З» | 1,69 | 0,566 | — |
| Керосин | 1,85 | 0,580 | — |
| Дизельное топливо «Л» | 4,15 | 0,543 | 0,562 |
| Анилин | 4,40 | 0,573 | 0,540 |
| Трансформаторное масло | 19,53 | 0,555 | 0,540 |
| Турбинное масло «Л» | 90,00 | 0,565 | 0,550 |
| Вазелиновое масло | 152,50 | — | 0,546 |

* Характеристика моментов инерции и других параметров обеих систем приводится ниже, в табл. 3.

ных значений в пуазах ($г. см^{-1} \cdot сек^{-1}$) необходимо знать толщину поверхностного слоя. Лангмюр и Шефер [7] рассчитывали поверхностную вязкость в поверхностных пуазах ($г. сек^{-1}$) для монослоев ряда органических веществ в водных растворах. А. А. Трапезников [4] указал на возможность применения поверхностного слоя вязкости для определения вязкости адсорбционных слоев. Согласно этой методике, избыточная поверхностная вязкость (η_s) определяется из соотношения

$$\eta_s = H \cdot p, \quad (1)$$

в котором постоянная прибора

$$H = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2} \right),$$

a и b — соответственно радиусы диска и цилиндра, а коэффициент затухания p рассчитывается по формуле:

$$p = \frac{2}{\pi} (I \cdot D)^{1/2} \cdot \lambda_{пов.} \cdot \left(4 + \frac{\lambda_{пов.}^2}{\pi^2} \right)^{-1/2} \quad (2)$$

Постоянная кручения (D) связана с величиной момента инерции (I) подвесной системы и периодом колебаний ее на воздухе (T_0):

$$D = \frac{4\pi^2}{T_0^2} \cdot I. \quad (3)$$

Трение колебательной системы о воздух и сопротивление увлекаемого диском раствора учитываются поправочным членом p_1 , который может быть рассчитан по величине коэффициента затухания в чистом растворителе (p_2) и значениям объемной вязкости раствора (η_1) и растворителя (η_2).

$$p_1 = p_2 \cdot \frac{\eta_1}{\eta_2}. \quad (4)$$

Таким образом, поверхностная вязкость раствора, отнесенная к полной толщине адсорбционного слоя, определяется из соотношения

$$\eta_s = H \cdot \left(p - p_2 \cdot \frac{\eta_1}{\eta_2} \right). \quad (5)$$

Если известна толщина адсорбционного слоя (h), то по величине η_s можно определить его среднюю вязкость в обычных пуазах ($г. см^{-1} \cdot сек^{-1}$).

$$\eta = \frac{\eta_s}{h}$$

Соотношение (5) нами было использовано для расчета поверхностной вязкости оксидных расплавов.

Наряду с этим, по величине декремента затухания колебаний диска в шлаке вычислялась объемная вязкость. Прибор предварительно градуировался по эталонным жидкостям, в качестве которых были взяты вода, ртуть и вазелиновое масло при 20°.

Нами применялись две струны, одна из них имела диаметр 0,1 мм и служила для определения значений η до 0,2 пуаза ($\lambda = 2,6$), а другая — для более высоких. В последнем случае для увеличения момента инерции системы к соединительной головке прикреплялся латунный диск.

Характеристики подвесных систем, используемые при расчете вязкости, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики прибора для измерения вязкости шлаков

| Система | Момент инерции $I, г. см^2$ | Период колебаний на воздухе T_0 сек. | Декремент затухания на воздухе λ_0 | Постоянная кручения $D, г. см^2 \cdot сек^{-2}$ | Константа прибора $H, см^{-2}$ |
|-------------------|-----------------------------|--|--|---|--------------------------------|
| Первая (струна 1) | 64,85 | 5,17 | 0,024 | 95,6 | 0,067 |
| Вторая (струна 2) | 122,95 | 2,48 | 0,0093 | 787,5 | 0,067 |

Результаты измерений поверхностной и объемной вязкости ряда силикатных расплавов

В качестве растворителя была выбрана закись железа, поскольку из важнейших компонентов шлака она является наиболее легкоплавкой и жидкоподвижной. Присутствие в расплаве некоторого количества окисного железа заметно сказывалось на его поверхностной вязкости. В частности, с помощью первой системы для сплава, содержащего 10,9% Fe_2O_3 и 89,1% FeO , при 1400° были получены значения $\lambda_{пов.} = 0,244$ и $\lambda_{об.} = 0,369$. Их отношение (α) составляло не 0,56, как в случае чистых жидкостей, а 0,66.

По этим величинам определяли декремент затухания в поверхности «чистой» закиси железа, используя соотношение

$$\lambda_{пов.}^{FeO} = \lambda_{пов.} \frac{0,56}{0,66} = 0,207,$$

а по нему и уравнению (2) рассчитывали коэффициент p_2^{FeO} .

Найденные величины $\lambda_{пов.}^{FeO}$ и p_2^{FeO} служили для вычисления поверхностной вязкости расплавов по уравнению (5), в котором оказалось возможным заменить отношение вязкостей отношением логарифмических декрементов затухания в объеме исследуемого расплава и растворителя. Влиянием окиси железа на объемную вязкость в изученном интервале концентраций пренебрегали.

Значения $\lambda_{\text{пов.}}^{\text{FeO}}$ и ρ_2^{FeO} , полученные с помощью обеих колебательных систем, помещены в табл. 4. Там же приводятся величины поверхностной и объемной вязкости расплавов FeO — Fe₂O₃.

Таблица 4

Значения поверхностной и объемной вязкости сплавов, содержащих 89% FeO и 11% Fe₂O₃ при 1400° С

| Подвесная система № | Объемная вязкость η , пуаз | Декремент затухания в поверхности $\lambda_{\text{пов.}}$ | $\alpha = \frac{\lambda_{\text{пов.}}}{\lambda_{\text{об.}}}$ | Коэффициент затухания ρ , г. см ³ сек ⁻¹ | Поверхностная вязкость η_s г. сек ⁻¹ | Пересчитанные значения для закиси железа | |
|---------------------|---------------------------------|---|---|---|--|--|-----------------------|
| | | | | | | $\lambda_{\text{пов.}}^{\text{FeO}}$ | ρ_2^{FeO} |
| 1 | 0,02 | 0,244 | 0,66 | 6,11 | 0,0706 | 0,207 | 5,06 |
| 2 | 0,02 | 0,0445 | 0,68 | 5,41 | 0,071 | 0,036 | 4,35 |

Абсолютные значения η_s для других шлаков рассчитывались лишь при температурах, заметно превышающих точку плавления закиси железа (1390° и выше). При более низких температурах относительной характеристикой поверхностной вязкости служили величины α .

Результаты измерений объемной и поверхностной вязкости силикатных расплавов приведены в табл. 5.

Таблица 5

Объемная и поверхностная вязкость шлаковых расплавов

| Состав шлака, вес. % | | | | | | | Температура, °С | Объемная вязкость η , пуаз | $\alpha = \frac{\lambda_{\text{пов.}}}{\lambda_{\text{об.}}}$ | Поверхностная вязкость η_s , г. сек ⁻¹ |
|----------------------|--------------------------------|------------------|------|-----|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|---------------------------------|---|--|
| FeO | Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ | CaO | MgO | Al ₂ O ₃ | Cr ₂ O ₃ | | | | |
| 73,7 | 8,1 | 18,2 | — | — | — | — | 1400 1350 | 0,04 0,04 | 0,74 0,78 | 0,17 — |
| 56,1 | 21,2 | — | 22,7 | — | — | — | 1400 1230 | 0,025 0,03 | 0,63 0,79 | 0,06 — |
| 72,9 | 7,6 | 14,6 | — | 4,9 | — | — | 1390 1350 | 0,03 0,17 | 1,05 4,0 | 0,39 — |
| 69,6 | 6,7 | 12,7 | — | — | 11,0 | — | 1400 | 0,05 | 0,85 | 0,19 |
| 75,7 | 5,5 | 15,0 | — | — | — | 3,8 | 1430 | 0,28 | 0,51 | —0,17 |

Из табл. 5 видно, что поверхностная вязкость шлака, содержащего 18,2% SiO₂ при 1400° составляет 0,17 поверхностного пуаз. Она сильно превышает значения η_s расплавов FeO — Fe₂O₃ и FeO — Fe₂O₃ — CaO. Судя по величинам α , поверхностная вязкость интенсивно возрастает вблизи ликвидуса.

Введение в силикатный расплав окиси магния до 5% существенно повышает значения η_s , хотя объемная вязкость при этом даже немного понижается. Окись алюминия (11%) заметно повышает объемную и поверхностную вязкость. Избыточная поверхностная вязкость силикатов обусловлена повышенной концентрацией в граничном слое двуокиси кремния [10, 11]. Последняя, как известно, увеличивает вязкость гомогенных

железистых шлаков [12—14]. Наряду с этим при высоком содержании SiO₂ и Fe₂O₃ заметно возрастает температура начала кристаллизации, особенно в присутствии MgO и Al₂O₃. В связи с этим образование структуры в поверхностном слое происходит при более высоких температурах, чем в объеме. Для шлака, содержащего Cr₂O₃, поверхностная вязкость заметно меньше объемной ($\eta_s < 0$). Окислы хрома поверхностно инертны, благодаря чему гетерогенность расплава, а следовательно, и его вязкость в объеме несколько выше.

Выводы

1. Описана установка и методика определения поверхностной вязкости высокотемпературных расплавов.
2. Найдено, что поверхностный слой ряда жидких шлаков обладает повышенной вязкостью. Она возрастает при введении SiO₂ и Fe₂O₃ в FeO, а также MgO и Al₂O₃ в силикатный расплав. При температуре 1400° С поверхностная вязкость изменяется от 0,06 до 0,39 г. сек⁻¹.
3. Установлено, что с приближением к температуре ликвидуса поверхностная вязкость сильно повышается.

Уральский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
16/VII 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Ребиндер, Изв. АН СССР, ОМОН, сер. хим., № 5, 1936.
2. П. А. Ребиндер и К. А. Поспелова, Вступит. статья в кн. В. Клейтон «Эмульсии», ИЛ, М., 1950.
3. И. П. Семика, Вязкость жидкостей и коллоидных растворов, т. 1, Изд. АН СССР, 1941.
4. А. А. Трапезников, Вязкость жидкостей и коллоидных растворов, т. 1, Изд. АН СССР, 1941.
5. Б. В. Дерягин, Вязкость жидкостей и коллоидных растворов, т. 1, Изд. АН СССР, 1941.
6. K. Schütt, Ann. der Physik, 13, 712, 1904.
7. I. Langmuir, V. J. Schaefer, J. American Chem. Soc., 59, 2400, 1937.
8. А. А. Трапезников, ЖФХ, 12, 583, 1938.
9. С. И. Попель, О. А. Есин, ЖПХ, 28, 651, 1956.
10. П. П. Козакевич, А. Ф. Кононенко, ЖФХ, 14, 1118, 1940.
11. С. И. Попель, О. А. Есин, ЖФХ, 30, 1193, 1956.
12. Ф. М. Лоскутов, Снижение потерь цветных металлов с отвальными шлаками, Металлургиздат, 1943.
13. Б. Селванов, В. Шпейсман, Metallurg, 6, 7, 1937.
14. Н. В. Занемских, О. А. Есин, Тр. Уральского политехн. ин-та им. С. М. Кирова, Сб. 49, Metallurgizdat, 1954.

Г. Г. ФЕДОРОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА КОАГУЛЯЦИОННОГО СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ГЛИНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПРАКТИКИ ЗАИЛИВАНИЯ

Для предупреждения и тушения подземных пожаров эндогенного происхождения широко используются глинистые суспензии. Они обеспечивают изоляцию — заиливание — выработанных пространств от доступа воздуха и тормозят развитие окисления угля.

Вопросу заиливания посвящено много исследований. Особого внимания заслуживают работы акад. А. А. Скочинского [1] и М. А. Гердова [2], в которых впервые даны теоретические основы технологии заиливания на основании изучения физико-механических свойств глинистых суспензий. Однако в них детально не рассматривались коллоидно-химические свойства глин, имеющие решающее значение при оценке глин и глинистых суспензий как заилочного материала.

Проблема изучения глин как коллоидно-дисперсных систем на Урале была впервые выдвинута С. Г. Мокрушиным, который совместно с А. А. Морозовым еще в 1931 г. опубликовал работу о глинах Урала [3]. Дальнейшее развитие этой проблемы с решением конкретных вопросов использования глин как сырья для заиливания представлено в работах З. Г. Шенной [4—6].

С расширением масштабов работ по заиливанию в Челябинском угольном бассейне и внедрением централизованной подачи глинистой суспензии по магистралям подземного пульпопровода повысились требования к качеству глин и их суспензий. Необходимо было сознательно изменять качество суспензий, управлять водоотдачей из них при заиливании. Поэтому возникла потребность в дальнейшей разработке научных основ технологии заиливания на базе современных достижений науки. Это и обусловило необходимость выполнения данной работы.

Коагуляционное структурообразование в глинистых суспензиях

В дисперсных системах различают структуры двух типов — первичную, или структуру отдельных частиц дисперсной фазы в дисперсионной среде, и вторичную, или структуру всей дисперсной системы, возникающую при коагуляции части [7].

Первичная структура любой коллоидной частицы в свете современных представлений коллоидной химии рассматривается как ионогенный комплекс, представленный ядром (агрегатом из частиц), которое окружено двойной электрической оболочкой из противоионов и сольватная оболочка. Ионы диффузной части двойного электрического слоя обмениваются на ионы дисперсионной среды, а вместе с этим изменяются величина и заряд частиц, обуславливающие устойчивость последних в среде. Сольватные оболочки, как и заряд частиц, являются стабилизирующим фактором частицы в среде. Толщина сольватных оболочек зависит как от ионного состава дисперсионной среды, так и от свойств пограничного слоя

твердой фазы, т. е. от минералогического состава и строения кристаллических решеток глинистых минералов, дисперсности, формы частиц.

С первичными структурами тесно связаны вторичные, которыми определяются структурно-механические свойства глинистых суспензий и самих глин как пород.

По современным представлениям, развиваемым акад. П. А. Ребиндером [8—12] различают два типа структур: обратимые — тиксотропные коагуляционные, характерные для глинистых суспензий, и необратимые — конденсационно-кристаллизационные, характерные для истинно твердых тел. В густых глинистых пастах образуются структуры смешанного типа.

Одновременно с развитием коагуляционной структуры в глинистых суспензиях в той или иной степени происходит диспергация частиц под действием тонких слоев воды, проникающих в микрощели на поверхности частиц [13—14], а в силу большой разницы удельного веса глины и воды в спокойно стоящей глинистой суспензии под действием силы тяжести происходит оседание и уплотнение коагуляционного каркаса. Следовательно, влияние этих процессов и сказывается на изменении устойчивости глинистых суспензий.

Оценивая качество глинистых суспензий по их устойчивости, необходимо выбирать суспензию с такой устойчивостью, при которой она легко транспортируется по пульпопроводу без расфракционирования в нем, обеспечивает надежное заиливание и не прорывается после заиливания в выработки.

Из всего сказанного выше следует, что развитие процесса коагуляционного структурообразования в глинистых суспензиях зависит от коллоидно-химических свойств, минералогического, химического состава глин, но определяющим при этом являются условия молекулярных взаимодействий в поверхности раздела фаз в адсорбционных слоях отдельных коллоидных частиц. Изменяя эти условия, можно воздействовать на процесс структурообразования полидисперсных и полиминеральных суспензий, используемых при заиливании, т. е. изменять их качество.

Объекты исследования

Для исследований было взято 19 образцов глин, наиболее типичных для Челябинского угольного бассейна. В данной статье приводим результаты исследований 6 образцов. Они отбирались послойной бороздкой по стенке карьеров у групповых скважин. Образцы 1, 2, 3 взяты в Копейском районе, шахта 4—6, группа скважин 183; образцы 4, 5, 6 — в Еманжелинском районе, шахта 18 (наклонная), группа скважин 192—218.

По минералогическому составу все глины бассейна полиминеральные, опокосые. В Копейском районе в глинистых фракциях большинства глин преобладают монтмориллонитовые минералы, в Еманжелинском — гидрослюдисто-монтмориллонитовые.

Глины Копейского района, расположенные непосредственно под растительным слоем, — Са-глины*. Глинистые частицы их скоагулированы. Преобладают частицы > 5 μ . Коллоидный комплекс** 33—39%. Глины содержат до 30% песка. Удельный вес их 2,3—2,4. Они легко размываются, слабо набухают.

Глубже залегающие (на 4—5 м от растительного слоя) глины это-

* По данным химического анализа, глины содержат 7,85—21,83% СаО, благодаря этому являются природными антипирогенами.

** Коллоидный комплекс — объем осадка 30% суспензии, приготовленной на 1% MgO.

го района — Na-глины. В них преобладают высокодисперсные частицы $< 5\mu$. Коллоидный комплекс 40—58%. Глины содержат не больше 10% песка. Удельный вес их 2,1—2,3. Все они труднее размываются, чем Са-глины, сильно набухают, увеличиваясь в объеме в 3—6 раз.

В глинах Еманжелинского района больше кальция, чем натрия, но в целом его здесь значительно меньше; чем в глинах Копейского района. Часто глины в земле пересланываются с прослойками песка и щебня. Коллоидный комплекс их 26—38%. Содержание песка в них иногда достигает нескольких десятков процентов. Удельный вес глин 2,3—2,6. Более запесоченные из них легче размываются. При набухании глин их объем увеличивается не более чем в 3 раза.

Для большинства глин Челябинского бассейна характерно, что все они мягкие, пластичные породы.

Метод исследования

Для исследования был избран разработанный М. А. Гердовым [2] седиментационный метод, основанный на дифференцированном изучении зависимости устойчивости структурированных суспензий от изменения их концентраций (рис. 1А).

Наблюдения проводятся за изменением объемов V оседающих суспензий различных концентраций во времени t . По седиментационным кривым $V=f(t)$ устойчивость для суспензий малых концентраций находится по месту перегиба — перехода крутой части кривой в пологую, а для суспензий больших концентраций — по месту спада выпуклой части кривой, оценивается она для любых концентраций по времени, протекающему от начала оседания суспензий до образования в них плотной коагуляционной структуры. Это время названо «критическим» и обозначено t_k .

М. А. Гердовым установлено, что с увеличением c (концентрации суспензии) t_k возрастает и затем, достигнув максимума, падает; при этом начальные скорости оседания суспензий v_0 непрерывно снижаются (рис. 1Б).

Нахождение максимальной величины t_k и соответствующей ей концентрации*, также условно названной «критической» — c_k , для суспензий различных глин было положено в основу сравнительного метода оценки качества глинистых суспензий, применяемых для тушения и предупреждения подземных эндогенных пожаров.

Пользуясь методом М. А. Гердова, мы находили величины t_k , при соответствующих концентрациях суспензий не по отдельным точкам перегиба на седиментационных кривых $V=f(t)$, а по продолжению крутой части седиментационной кривой до пересечения с осью абсцисс для малых концентраций и по продолжению участка кривой после спада ее выпуклой части для больших концентраций.

На рис. 1А показаны оба графических способа нахождения величин «критического» времени для суспензий различных концентраций. На рис. 1Б первому способу соответствует кривая $t_k=f(c)$, второму — $t'_k=f(c)$.

Из графика (рис. 1Б) видно, что независимо от избранного графического способа нахождения t_k «критическая» концентрация суспензии данной глины одна и та же. Соответствующие ей t_k и t'_k по величине различны, но так как характер изменения их в зависимости от концентраций

* Для этого экстраполируется крутая ветвь кривой $v_0=f(c)$ на ось абсцисс c , а из максимума кривой $t_k=f(c)$ на эту же ось опускается перпендикуляр. Их пересечение с осью c соответствует c_k .

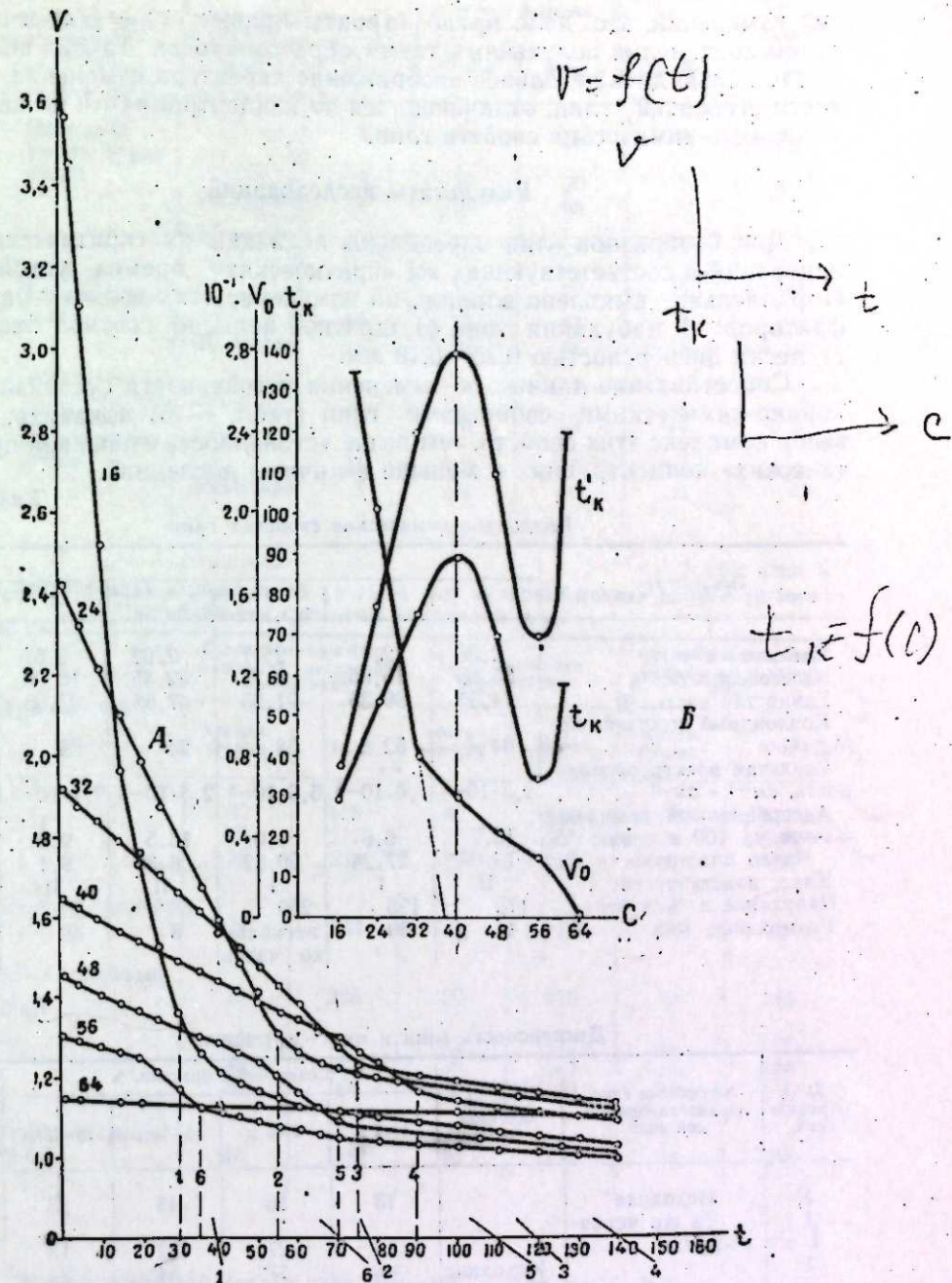


Рис. 1.

А — кривые оседания суспензий различных концентраций. (Цифры на кривых соответствуют концентрациям суспензий в $г/100 \text{ см}^3$. V — относительные объемы оседающих суспензий; t — время в мин. от начала наблюдений). Б — кривые зависимости времени до начала образования плотной коагуляционной структуры — t_k и начальных скоростей оседания суспензий — v_0 от концентраций суспензий — c (t_k — найденные по методу Гердова, t'_k — по предлагаемому нами способу).

суспензий один и тот же, а сами величины t_k и t'_k являются относительными, оба эти способа могут быть использованы для нахождения c_k .

Величины начальных скоростей оседания — v_0 находились как средние скорости оседания суспензий за первые десять минут от начала опыта. Так как t_k и v_0 при этом были результатом не единичного, а мно-

гих измерений, это дало право строить кривые $t_k^1 = f(c)$ и $v_0 = f(c)$ путем соединения полученных таким образом точек. Такое построение имело целью дать детальное изображение характера изменения устойчивости суспензий глин, отличающихся по концентрациям и по комплексу коллоидно-химических свойств глин.

Результаты исследований

Для 6 образцов глин определены величины их «критических» концентраций и соответствующих им «критических» времен устойчивости. Параллельно выявлено влияние на изменение этих величин различных факторов: а) набухания глин, б) шахтной воды, в) состава смеси глин, г) песка дисперсностью 0,25—0,18 мм.

Сопоставление данных об изменении устойчивости суспензий с коллоидно-химическими свойствами глин (табл. 1—5) показало, что чем выше комплекс этих свойств, тем выше устойчивость суспензий при «критических» концентрациях и меньше величины последних.

Таблица 1

Коллоидно-химические свойства глин

| Показатели | Образцы глин | | | | | |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Удельный вес | 2,35 | 2,17 | 2,17 | 2,62 | 2,57 | 2,45 |
| Запесоченность, % | 25,65 | 10,65 | 8,75 | 32,45 | 16,00 | 4,35 |
| Глинистая часть, % | 74,35 | 89,35 | 91,25 | 67,66 | 83,95 | 95,65 |
| Коллоидный комплекс по Mg, % | 34 | 52 | 58 | 26 | 29 | 38 |
| Удельная электропроводность, см ⁻¹ · ом ⁻¹ | 2,5 · 10 ⁻³ | 1,0 · 10 ⁻⁴ | 6,6 · 10 ⁻⁵ | 2,5 · 10 ⁻³ | 2,1 · 10 ⁻³ | 1,57 · 10 ⁻³ |
| Адсорбционный комплекс, мг-экв на 100 г глин | 15,2 | 6,6 | 6,0 | 13,5 | 9,2 | 8,4 |
| Число пластичности | 13,07 | 27,24 | 29,82 | 8,36 | 9,1 | 16,47 |
| Класс пластичности | II | I | I | II | II | I |
| Набухание в % к весу | 115 | 195 | 250 | 86 | 84 | 112 |
| Размокание, мин. | 41 | 80 | несколько часов | 8 | 32 | 54 |

Таблица 2

Дисперсность глин и их ζ- потенциал

| № образцов глин | Суспензии глин на дистиллированной воде | Суспензии глин на шахтной воде | Содержание фракций, % | | | | ζ- потенциал в мВ |
|-----------------|---|--------------------------------|-----------------------|-------|--------|---------|-------------------|
| | | | 1—2 μ | 2—5 μ | 5—10 μ | 10—15 μ | |
| 1 | Исходная Та же через сутки | Исходная | 13 | 16 | 48 | 23 | 9,07 |
| 1 | | | 18 | 27 | 42 | 13 | 10,58 |
| 2 | Исходная Та же через сутки | Исходная | 37 | 23 | 20 | 20 | 26,21 |
| 2 | | | 45 | 25 | 17 | 13 | 29,34 |
| 3 | Исходная Та же через сутки | Исходная | 25 | 40 | 21 | 14 | 24,61 |
| 3 | | | 57 | 23 | 15 | 5 | 34,33 |
| 3 | Исходная | Исходная | — | 8 | 41 | 51 | 7,8 |

продолжение табл. 2.

| № образцов глин | Суспензии глин на дистиллированной воде | Суспензии глин на шахтной воде | Содержание фракций, % | | | | ζ- потенциал в мВ |
|-----------------|---|--------------------------------|-----------------------|-------|--------|---------|-------------------|
| | | | 1—2 μ | 2—5 μ | 5—10 μ | 10—15 μ | |
| 4 | Исходная Та же через сутки | Исходная | 4 | 38 | 50 | 8 | 7,6 |
| 4 | | | 7 | 57 | 30 | 6 | 9,76 |
| 4 | | | — | 30 | 58 | 12 | — |
| 5 | Исходная Та же через сутки | Исходная | 14 | 53 | 23 | 10 | 16,4 |
| 5 | | | 17 | 60 | 15 | 8 | 18,3 |
| 5 | | | — | 21 | 66 | 13 | — |
| 6 | Исходная Та же через сутки | Исходная | 25 | 40 | 19 | 16 | 19,6 |
| 6 | | | 37 | 35 | 15 | 13 | 23,2 |
| 6 | | | 3 | 13 | 50 | 34 | — |

Таблица 3

Изменение «критических» концентраций (в г/100 см³) и «критических» времен (в мин.) устойчивости суспензий различных глин

| № образцов и смесей | Суспензии, приготовленные на дистиллированной воде | | Те же суспензии через сутки | | Суспензии, приготовленные на шахтной воде | |
|------------------------------------|--|-------|-----------------------------|-------|---|-------|
| | концентрация | время | концентрация | время | концентрация | время |
| 1 | 32 | 128 | 32 | 140 | 36 | 116 |
| 2 | 26 | 217 | 26 | 265 | 28 | 140 |
| 3 | 20 | 238 | 18 | 275 | 22 | 159 |
| 1+2+3 в равных весовых количествах | 24 | 163 | 24 | 170 | 26 | 128 |
| 2+3 в равных весовых количествах | 22 | 225 | 20 | 270 | 24 | 144 |
| 4 | 42 | 126 | 42 | 142 | 46 | 125 |
| 5 | 36 | 135 | 36 | 144 | 44 | 118 |
| 6 | 36 | 168 | 36 | 198 | 40 | 130 |
| 4+5+6 в равных весовых количествах | 40 | 118 | 40 | 128 | 44 | 104 |

Таблица 4

Минералогический состав глин фракций < 0,01 мм (в %) (по данным геолога Л. В. Шаломеевой)

| № образцов глин | Монтмориллонит | Бейделит | Гидро-слода | Моно-термит | Опал+кварц | Окислы железа | Кальцит |
|-----------------|----------------|----------|-------------|-------------|------------|---------------|---------|
| 1 | 35 | 10 | — | — | 35 | 3 | 17 |
| 2 | 25 | 15 | — | — | 55 | 5 | — |
| 3 | 20 | 10 | — | — | 65 | 5 | — |
| 4 | 31 | — | 15 | — | 40 | 5 | 9 |
| 5 | — | 28 | 45 | — | 15 | 3 | 9 |
| 6 | — | 45 | — | 27 | 15 | 5 | 8 |

Таблица 5

Химический состав глин
(по данным анализатора М. В. Пановой)

| № образ- цов глин | Содержание в % на высушенное при 110° вещество | | | | | | | | | п. п. п. |
|----------------------|--|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|----------|
| | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | FeO | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | |
| 1 | 57,56 | 0,19 | 7,98 | 4,31 | 0,27 | 9,35 | 2,17 | 0,99 | 1,27 | 15,53 |
| 2 | 77,68 | 0,13 | 6,92 | 4,95 | 0,16 | 0,67 | 0,73 | 0,88 | 1,80 | 6,71 |
| 3 | 77,00 | 0,15 | 7,10 | 4,47 | 0,25 | 0,47 | 1,21 | 0,82 | 1,15 | 7,19 |
| 4 | 63,36 | 0,15 | 11,81 | 6,06 | 0,17 | 4,80 | 2,37 | 1,27 | 1,29 | 8,50 |
| 5 | 58,80 | 0,13 | 14,04 | 6,39 | 0,06 | 5,11 | 0,59 | 1,30 | 2,00 | 9,35 |
| 6 | 58,26 | 0,05 | 14,73 | 7,02 | 0,09 | 4,43 | 3,17 | 0,95 | 2,15 | 9,31 |

Установленная нами зависимость между изменением этих величин и коллоидно-химическими свойствами глин указывает на то, что устойчивость суспензий определяется в первую очередь количественным содержанием коллоидно-дисперсных глинистых фракций, а также их минералогическим и химическим составом.

Так, например, у монтмориллонитовых глин (образцы 2, 3) выше устойчивость и меньше величины «критических» концентраций, чем у глин гидрослюдисто-монтмориллонитовых (образец 5) (табл. 3, 4).

Однако у глины (образец 1), содержащей 45% монтмориллонитовых минералов (т. е. монтмориллонита и бейделита), устойчивость значительно меньше, чем у глин также монтмориллонитовых, но содержащих таких минералов меньше 45% (образцы 2, 3). Это не случайно, так как у первой глины частицы скоагулированы и в глинистых фракциях преобладают частицы $> 5\mu$, ζ -потенциал = 9,07 мв. Это Са-глина. Наоборот, глины образцов 2, 3 состоят из высокодисперсных частиц $< 5\mu$, ζ -потенциал 24,61 — 26,21 мв. Это Na-глины.

Таким образом, при одном и том же минералогическом составе глины дисперсность Са-глин и Na-глин различна; различна также устойчивость их суспензий при соответствующих величинах «критических» концентраций (табл. 1—5).

При продолжительном контакте глин с дистиллированной водой (замачивании на сутки) происходит не только их размокание, но и заметная диспергация частиц в случае Na-глин (образцы 2, 3). Это способствует повышению их устойчивости при «критических» концентрациях, а величины последних уменьшаются по сравнению с «критическими» концентрациями суспензий, приготовленных без предварительного замачивания. У Са-глин при этом наблюдается очень слабая дополнительная диспергация их агрегатов (образец 1), поэтому связанные с нею остальные изменения незначительны (табл. 2, 3).

В Челябинском бассейне при заливании размыв глин производится на шахтной воде, богатой растворенными солями Са, Mg, Sr и др. (иногда до 1,9 г/л). Соли вызывают коагуляцию глинистых частиц в суспензии. При размыве глин, состоящих из частиц $< 5\mu$, происходит их коагуляция до агрегатов $> 5—10\mu$, ζ -потенциал снижается до < 10 мв. Понижается устойчивость суспензий этих глин при «критической» концентрации, а величина самих «критических» концентраций больше, чем у суспензий, приготовленных на дистиллированной воде. При размыве шахтной водой глин, состоящих из агрегатов частиц $> 5\mu$, почти не происходит коагуляция глинистых частиц и соответственно незначительно изменяется устойчивость их суспензий по сравнению с суспензиями, приготовленными на дистиллированной воде (табл. 2, 3).

Суспензии, приготовленные из смеси глин, отличающихся по комплексу коллоидно-химических свойств, имеют устойчивость при «критической» концентрации и самую величину концентрации, близкие к этим величинам той суспензии, глина которой преобладает по количеству в смеси.

Исследование влияния добавок песка при дисперсности его зерен 0,25—0,18 мм на изменение устойчивости суспензий и их «критические» концентрации (рис. 2 А, Б) показало, что при добавлении песка до 30% повышается устойчивость суспензий (рис. 2 А, кривые 2—4) по сравнению с устойчивостью исходной суспензии (рис. 2 А, кривая 1), однако при несколько большей величине самой «критической» концентрации (рис. 2 А, Б, кривые 2—4). При большем добавлении песка, в особенности $> 50\%$, устойчивость суспензии при «критической» концентрации снижается и сама величина «критической» концентрации увеличивается (рис. 2 А, Б, кривые 5—8).

Таким образом, изменяя ионный состав дисперсионной среды (используя коагуляторы), комбинируя состав смеси из различных по коллоидно-химическим свойствам глин, а также делая добавки песка, можно изменять дисперсность и количественное содержание высокодисперсных фракций в глинистых суспензиях, утяжелять их. Благодаря этому можно воздействовать на процесс коагуляционного структурообразования суспензий, изменять величины «критических» концентраций и соответствующих им «критических» времен устойчивости.

Так как устойчивость суспензий определяется количественным содержанием в них высокодисперсных глинистых фракций, было уделено особое внимание изучению влияния этого фактора на изменение устойчивости суспензий и характер водоотдачи из них. Для этого были использованы различные приемы, позволяющие проследить изменение количественного содержания высокодисперсных фракций в глинистых суспензиях.

Влияние способа приготовления суспензий

Было исследовано три различных способа приготовления глинистой суспензии: 1) ручное 15-минутное встряхивание, 2) растирание глины в виде пасты, 3) встряхивание на механической качалке, дающей до 1100 качаний в минуту.

Из глин с повышенным (образец 3) и с пониженным (образцы 1, 4) комплексом коллоидно-химических свойств были приготовлены суспензии различных концентраций от сотых долей до нескольких десятков г/100 см³.

При исследовании установлено, что все суспензии из глины (образец 3), приготовленные по первому способу, обладают высокой устойчивостью, и быстрая водоотдача наблюдается только в некоторой средней области, 16—32 г/100 см³. Суспензии меньших и больших концентраций не оседают в течение суток. При втором способе приготовления суспензий средняя область несколько сужается. При третьем еще больше возрастает устойчивость всех суспензий и резко сужается средняя область (22—26 г/100 см³).

Для суспензий из глин образцов 1, 4 изменение устойчивости и размеров средней области в зависимости от способа приготовления незначительно.

Среднюю область мы условно обозначили как область «рабочих» концентраций для данного метода исследований и способа приготовления суспензий.

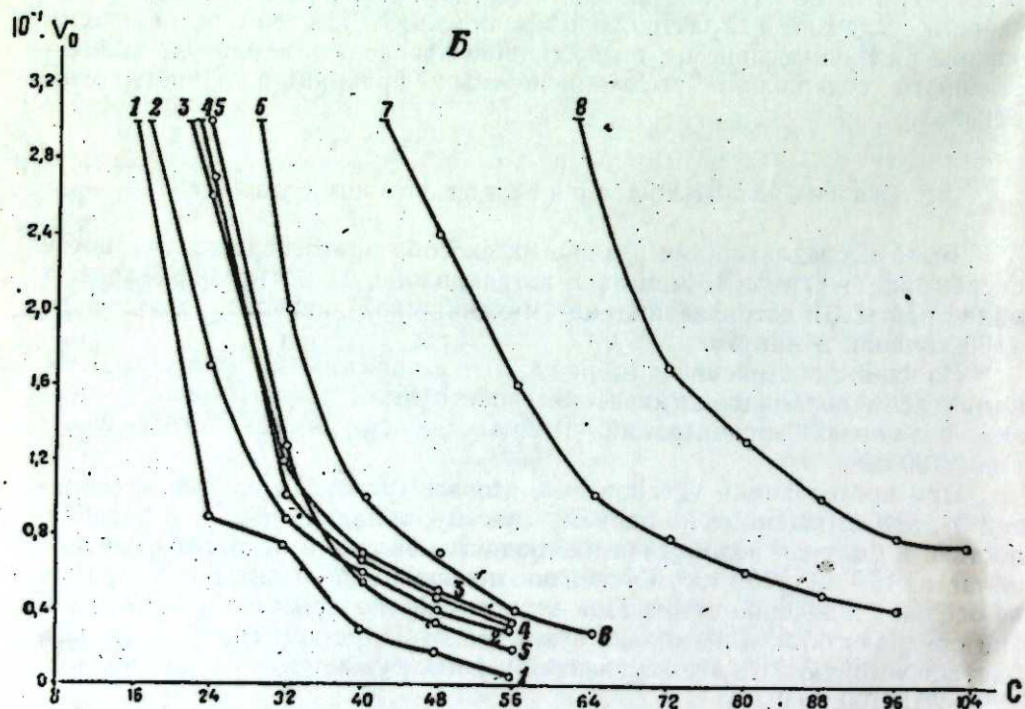
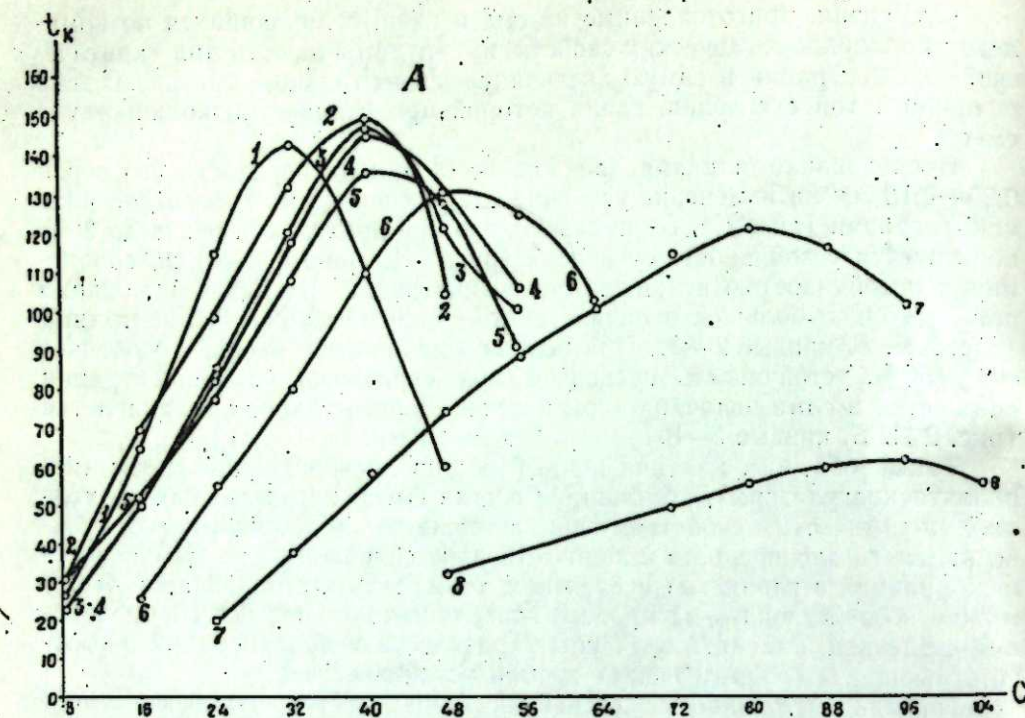


Рис. 2.

А — кривые зависимости времени до начала образования плотной коагуляционной структуры — t_k от концентраций суспензий — c , содержащих песок при дисперсности зерен 0,25—0,18 мм. 1 — исходные суспензии глины, 2 — с 10% песка, 3 — с 20%, 4 — с 25%, 5 — с 30%, 6 — с 50%, 7 — с 75%, 8 — с 90% песка. Б — кривые зависимости начальных скоростей оседания суспензий — v_0 от концентраций суспензий — c , содержащих различное количество песка. Номера кривых соответствуют тем же количествам песка в суспензии, что и на рис. 2 А.

В зависимости от расширения или сужения диапазона концентраций средней области для определения величин c_k и t_k приходится уменьшать интервалы между концентрациями по сравнению с рекомендуемыми по методу М. А. Гердова (через 8 г/100 см³).

В результате проведенных исследований различных по коллоидно-химическим свойствам глины и способов приготовления из них суспензий было установлено, что в широком диапазоне концентраций глинистых суспензий могут быть выделены три области, отличающиеся по устойчивости:

а) область малых концентраций, 0,04—3 г/100 см³, характеризующаяся высокой устойчивостью суспензий и отсутствием границы раздела между оседающей суспензией и отделяющейся водой в течение продолжительного времени (суток, недель);

б) область средних концентраций, 3—64 г/100 см³, характеризующаяся появлением четкой границы раздела в первый момент наблюдения, быстро идущим объемным синерезисом и оседанием суспензий;

в) область больших концентраций свыше 64 г/100 см³, характеризующаяся высокой устойчивостью структурирующих суспензий, отсутствием границы раздела и усилением тиксотропных свойств суспензий. Для низкосортных запесоченных глины мгновенное застудневание суспензий наступает при концентрациях 100—150 г/100 см³, для высокосортных глины — 70—85 г/100 см³.

Изменение устойчивости при переходе из одной области в другую происходит скачкообразно, что позволяет находить границы средней области. Величины концентраций суспензий, ограничивающих эту область, не являются постоянными. Они зависят от способа приготовления глинистых суспензий, коллоидно-химических свойств глины. Поэтому, изменяя дисперсность глины, можно вызвать изменение пределов границ средней области — области «рабочих» концентраций.

Для низкосортных, запесоченных до 30% глины, представленных агрегатами частиц > 5—10 м, составляющих до 70% всех остальных частиц, средняя область охватывает концентрации 3—64 г/100 см³. Для высокосортных глины, запесоченных не более чем на 10%, представленных в основной массе частицами < 5 м, эта область сильно сужена, до 16—32 г/100 см³. При сильной диспергации частиц в суспензии она может быть вообще ликвидирована.

Влияние концентрации и коллоидно-химических свойств глины

Из глины типа образца 1 были приготовлены суспензии концентраций 12—54 г/100 см³ при интервале между концентрациями 2—4 г/100 см³.

Детальные исследования изменения устойчивости глинистых суспензий от изменения концентраций, результаты которых представлены на рис. 3, показали, что установленный М. А. Гердовым [2] характер изменения кривых зависимости $v_0 = f(c)$ и $t_k = f(c)$ отражает только в общем характер процесса коагуляционного структурообразования. Мы установили, что t_k и v_0 в зависимости от концентраций изменяются более сложно, отражая прерывистый характер выделения массивных фаз (воды и глины) из оседающих полидисперсных суспензий. Это подтверждается тем (рис. 3Б), что весь диапазон концентраций 12—54 г/100 см³ можно как бы расчленить на ряд узких диапазонов, в каждом из которых t_k с повышением концентрации вначале возрастает, а затем снижается. Максимальное t_k в каждом узком диапазоне с повышением кон-

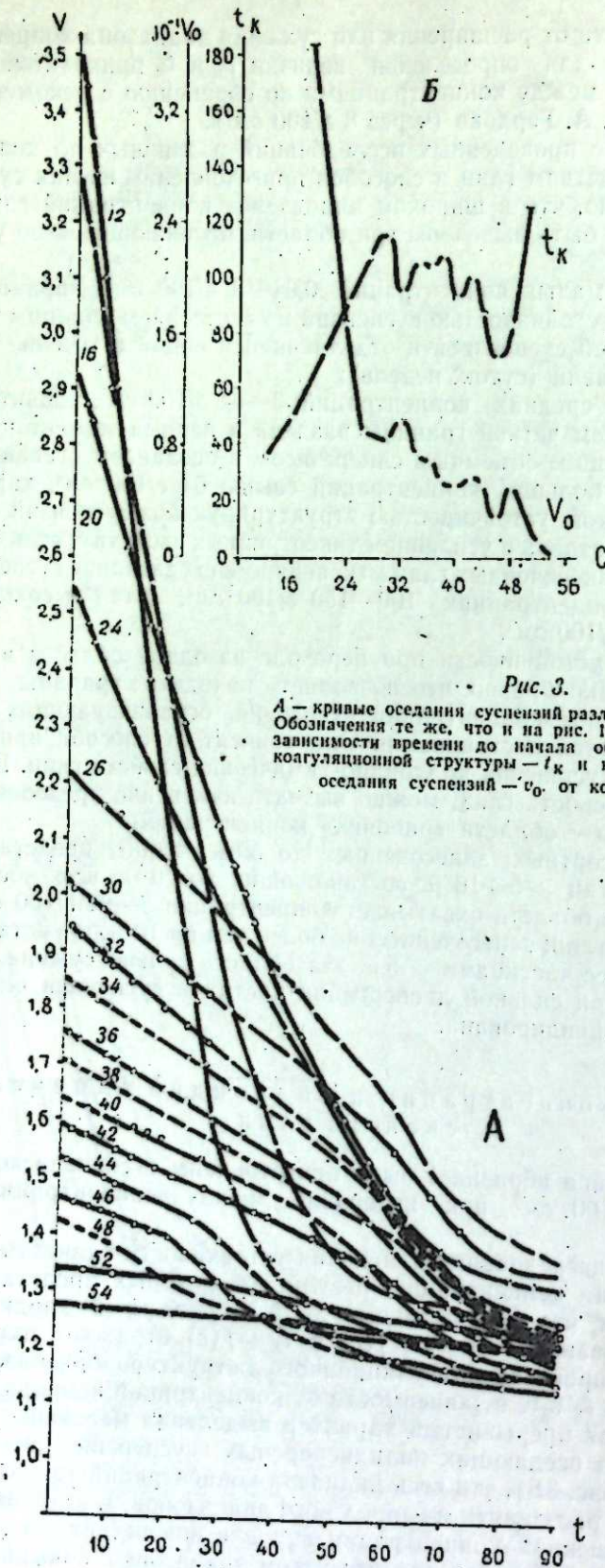


Рис. 3.
 А — кривые оседания суспензий различных концентраций. Обозначения те же, что и на рис. 1 А, 1 Б. Б — кривые зависимости времени до начала образования плотной коагуляционной структуры — t_k и начальных скоростей оседания суспензий — v_0 от концентраций — c .

центрации суспензии до 30 г/100 см^3 повышается, при больших концентрациях оно снижается. Наибольшее из максимальных t_k в узких диапазонах соответствует «критической» концентрации.

Начальные скорости оседания суспензий — v_0 с возрастанием концентрации в узких диапазонах (границы которых могут и не совпадать с диапазонами для t_k) также изменяются сложно, хотя в общем с увеличением концентрации они уменьшаются.

При построении кривых $t_k = f(c)$ и $v_0 = f(c)$ для всех (19 образцов) глины установлено, что у запесоченных глины с пониженным комплексом коллоидно-химических свойств кривые $t_k = f(c)$ имеют широкий размытый максимум, а кривые $v_0 = f(c)$ состоят из двух ветвей — крутой и пологой. У глины с повышенным комплексом коллоидно-химических свойств у первых кривых максимумы острые, а сами кривые имеют сложный характер. Вторые кривые, хотя и состоят из двух ветвей, но их пологая ветвь также имеет сложный характер изменения. Все это указывает на то, что выделение воды и глины из суспензий глины с пониженным комплексом коллоидно-химических свойств (низкосортных) и повышенным (высокосортных) происходит различно.

Сложный характер изменения устойчивости полидисперсных суспензий и выделения воды из них, в зависимости от коллоидно-химических свойств глины, навел нас на мысль о необходимости продолжить наблюдения за формированием осадков глинистых суспензий из естественно скоагулированных и специально диспергированных глинистых частиц этих же суспензий.

Для исследований были взяты суспензии глины образца 1 при концентрациях $20\text{--}46 \text{ г/100 см}^3$ с интервалами между концентрациями в 2 и 4 г после 30-дневной диспергации и суспензии той же глины без предварительной их диспергации. Объем каждой суспензии составлял 30 см^3 .

Диспергацию глинистых частиц осуществляли так: ежедневно в одно и то же время встряхивали все цилиндры суспензий, жестко закрепленные между двумя параллельными плоскостями, ежесекундно ритмично их опрокидывали. В первый день все суспензии встряхивали 15 мин., а в последующие только по 5 мин.

О том, что при повторных встряхиваниях суспензий происходит диспергация частиц глины, свидетельствует увеличение высот осадков суспензий, отмечаемых через сутки.

После приготовления цилиндры с суспензиями были выставлены для продолжительного спокойного стояния, исключаяющего какие-либо внешние механические и резкие температурные воздействия.

В осадках суспензий естественно скоагулированных глины при пятилетнем их выстаивании никаких сколько-нибудь заметных изменений не происходило. В первоначально неслоистых осадках из суспензий этих же глины после их 30-дневной диспергации при пятилетнем выстаивании произошли значительные изменения. В осадках появилась слоистость.

При высушивании осадков слоистость сохранялась, и вдоль ее осадки легко кололись. В цилиндрах под столбом воды в слоистых осадках при резком их сотрясении можно вызвать скольжение одних частей осадка в горизонтальном направлении относительно других.

Основываясь на современных представлениях о механизме коагуляционного структурообразования глинистых суспензий и наших исследованиях, мы полагаем, что возникновение слоистых глинистых осадков — результат перераспределения по дисперсности и удельному весу грубодисперсных и высокодисперсных глинистых частиц в оседающих суспензиях и их осадках.

Такое перераспределение является следствием возможного разви-

тия двух процессов в оседающих суспензиях: седиментации грубодисперсных частиц и оседания, как целого коагуляционного каркаса структурирующих суспензий. В малоцентрированных глинистых суспензиях сетчатый коагуляционный каркас рыхлый, поэтому он представляет слабое препятствие быстрому выпадению в осадок грубодисперсных частиц [9] и выделению иммобилизованной им воды из любой части объема оседающих суспензий. Однако процесс осложняется в суспензиях с большими концентрациями. В них сетчатый каркас более компактный и плотный. Он задерживает выделение не только грубодисперсных частиц, но и создает препятствие выделению воды. Вода, выделяющаяся из нижней части оседающей суспензии, встречает все более увеличивающееся сопротивление по высоте оседающей суспензии. Вследствие того, что сетчатый коагуляционный каркас глинистых суспензий построен из анизодиаметрических по форме частиц [9] и в процессе оседания испытывает постоянно в одном направлении деформацию под действием силы тяжести, звенья его сетки принимают горизонтально ориентированное расположение [15]. Поэтому вода при продвижении из нижней части столба оседающей суспензии, наиболее рыхлой, содержащей грубодисперсные частицы, легко отделяющие ее при своем уплотнении, испытывает меньшее сопротивление в горизонтальных, а не в вертикальных направлениях. Это создает возможность для скапливания воды на отдельных горизонтальных уровнях по высоте оседающей суспензии или в ее осадке.

Скапливающаяся таким образом вода вызывает локализованное «разжижение» или разрыхление структурной сетки коагуляционного каркаса, наконец, ее разрушение с высвобождением удержанных в ней более грубодисперсных частиц. Все это создает возможность локализованного перераспределения частиц на разных уровнях по высоте оседающей суспензии или уже в образовавшемся осадке.

Описанный процесс повторяется периодически на разных уровнях по высоте оседающей суспензии или ее осадка, что подтверждается установленным прерывистым по характеру выделением воды из оседающих суспензий (рис. 3 Б) и образованием сложных осадков. Однако необходимо еще раз подчеркнуть, что описанный механизм перераспределения частиц и выделения воды имеет место при наибольшей диспергации агрегатов глинистых частиц, так как при этом наиболее отчетливо проявляется анизодиаметрическая форма частиц. При оседании сетчатого каркаса, построенного из таких частиц, все отчетливее выступает в нем их горизонтально ориентированное расположение, поэтому вода, только преодолев увеличивающееся сопротивление, может выделяться из суспензии.

При оседании сетчатого коагуляционного каркаса частицы в нем сближаются, а следовательно, становится возможной деформация, сжатие и уточнение сольватных оболочек в местах сцепления частиц [12]. Вода, выделяющаяся из нижней рыхлой, более грубодисперсной и запесоченной части коагуляционного каркаса, разрушает более слабые связи между частицами и тем самым создает себе возможность подниматься вверх по оседающей суспензии или уплотняющемуся осадку. Возникают также условия для перераспределения и агрегации частиц в локализованных, «разжиженных» частях структуры. Это и приводит к формированию слоистых глинистых осадков.

Глинистые частицы различных размеров и окраски являются как бы индикаторами слоистости, так как у высокодисперсных глин с частицами одной и той же окраски, слоистость в осадке не замечается невооруженным глазом.

Выводы

Проведены исследования механизма коагуляционного структурообразования полидисперсных и полиминеральных глинистых суспензий по их устойчивости. Установлена прямая зависимость между устойчивостью глинистых суспензий и коллоидно-химическими свойствами глин. Устойчивость суспензий определяется в первую очередь количественным содержанием коллоидно-дисперсных фракций в глинах, а также их минералогическим и химическим составом.

Изменяя ионный состав дисперсионной среды или комбинируя состав смеси из различных глин, можно регулировать содержание высокодисперсных фракций в суспензиях и тем самым воздействовать на процесс структурообразования глинистых суспензий. Изменяя содержание высокодисперсных фракций, можно руководить технологией приготовления суспензий при заливании.

На основании исследований 19 образцов глин (6 из них описаны выше) и их смесей установлено, что глины с частицами $> 5 \mu$, составляющими не менее 60% коллоидно-дисперсных фракций, с коллоидным комплексом 25—35% и удельным весом 2,3—2,6 характеризуются «критическими» концентрациями 30—46 г/100 см³ при «критическом» времени устойчивости 82—148 мин. Глины с частицами $< 5 \mu$, составляющими не менее 70% коллоидно-дисперсных фракций, с коллоидным комплексом 45—58% и удельным весом 2,1—2,2 характеризуются «критическими» концентрациями 20—30 г/100 см³ при «критическом» времени устойчивости 148—238 мин. У остальных глин и их смесей «критические» концентрации и «критическое» время устойчивости находятся в указанных пределах.

Установлено, что в широком диапазоне концентраций глинистых суспензий могут быть выделены три области, отличающиеся по устойчивости. Изменение устойчивости при переходе из одной области в другую происходит скачкообразно, т. е. от сохранения устойчивости в течение суток, недель в двух крайних областях до малоустойчивого состояния в средней области, что позволило находить границы этой области.

Границы средней области определяются коллоидно-химическими свойствами глин. Коагуляция частиц, вызванная различными факторами, и увеличение удельного веса глин, приводят к расширению средней области. Диспергация частиц сужает эту область вплоть до ее исчезновения. В практике заилочных работ необходимо всеми возможными способами, в первую очередь использованием коагуляторов, песка, комбинированного размыва глин, расширять пределы средней области и тем самым сужать третью. В третьей области усиливаются тиксотропные свойства глин, нежелательные при заливании, так как из тиксотропных глинистых суспензий очень слабо дренируется вода, а сами они могут прорваться в выработки после заливания при резких подвижках боковых пород.

Исследование изменения устойчивости суспензий в средней области дает возможность устанавливать в ней «критическую» концентрацию и соответствующее ей «критическое» время устойчивости, которые являются критерием в сравнительной оценке качества глин как заилочного материала и в выборе консистенции суспензии для заливания.

«Критическая» концентрация суспензии является оптимальной для заливания, так как при ней не происходит расфракционирования песка при перемещении суспензий по пульпопроводу, а в спокойном состоянии

при оседании этой суспензии происходит быстрое выделение воды. Однако величины «критических» концентраций и соответствующих им времен устойчивости не являются неизменными. Их можно по желанию изменять, как и границы средней области. Эта особенность должна быть широко использована в практике заилочных работ с учетом горнотехнических условий их производства.

Необходимо иметь в виду, что часто глинистая суспензия, помимо выполнения при заливании основной функции — проилливания раздробленных пород, должна выполнять вторую функцию — тампонаж. Это особенно важно в тех случаях, когда боковые породы крепкие. Посадка их происходит не плавно, и образуются большие пустоты. При подаче суспензии крепкие породы не размокают и не набухают, как мягкие (например, в Челябинском угольном бассейне), тем самым не повышается общая консистенция суспензии, кроме того, эти породы очень слабо дренируют воду или вообще не дренируют ее из суспензии. Поэтому, если для проилливания особое значение имеет создание наиболее устойчивой глинистой суспензии, то для тампонажа важна малая устойчивость и возможно наименьшая усадка глины. При спуске больших количеств тиксотропной глинистой суспензии в крепкие породы создается угроза самопроизвольного прорыва ее в выработки при резких подвижках крепких пород. Следовательно, даже для одной и той же глины требования к устойчивости ее суспензии и консистенции должны быть в конкретных горнотехнических условиях различными. Так, в условиях крепких боковых пород на медных рудниках [16] рекомендуют использовать суспензию консистенции $T : Ж = 1 : 1; 1 : 1,3$ (по объему) и подавать ее под давлением. Для мягких боковых пород в условиях Челябинского угольного бассейна для глин с пониженным комплексом коллоидно-химических свойств рекомендуем консистенцию суспензии $T : Ж$ от $1 : 1,5$ до $1 : 3$ (по весу), для глин с повышенным комплексом от $1 : 3$ до $1 : 4$ (по весу).

Исследования показали, что с увеличением концентрации суспензий их устойчивость и начальные скорости оседания изменяются по сложному закону, отражающему прерывистый характер выделения воды и глины из оседающей суспензии.

Это является результатом одновременного развития двух процессов: седиментации грубодисперсных частиц и оседания, как целого, коагуляционного каркаса в структурирующих суспензиях.

Вследствие этого же из предварительно тщательно диспергированных глинистых суспензий могут образовываться слоистые осадки.

В практике заилочных работ необходимо исключить возможность формирования слоистых осадков, так как такие осадки отличаются различной механической прочностью в вертикальном и горизонтальном направлениях как во влажном состоянии, так и при их высушивании, поэтому при резких подвижках горных пород после заливания становится возможным легкое соскальзывание одних частей слоистого осадка относительно других и прорыв их в выработки. Для устранения этого необходимо применять коагуляторы: известковое молоко, сернокислое железо, глинозем [17], а также песок, шахтные воды, богатые растворенными солями щелочных и щелочноземельных элементов. В процессе приготовления суспензий для заливания не следует допускать сильного перетирания их частиц, вызывающего диспергацию последних.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Скочинский, Подземные рудничные пожары и борьба с ними. Сб. рефератов под ред. А. А. Скочинского, ОНТИ, М.—Л., 1936.
2. М. А. Гердов, Метод сравнительной оценки глинистых пульп, применяемых для тушения и предупреждения подземных эндогенных пожаров. Изв. АН СССР, ОТН, № 3, 1946.
3. С. Г. Мокрушин, А. А. Морозов, Об адсорбционной способности глин Урала. ЖПХ, № 4, 1931.
4. З. Г. Шенна, Изучение коллоидно-химических свойств глин и диатомитов Уральских месторождений. Дисс., Свердловск, Уральский политех. ин-т, 1947.
5. З. Г. Шенна, Изучение физико-коллоидных свойств глин Дегтярского рудника как заилочного материала. Отчет, Свердловск, ГТИ УФАН СССР, 1949.
6. А. А. Иванов, К. М. Чарквиани, Н. П. Днев, К. В. Кочнев, З. Г. Шенна, Е. Ф. Иордан, Ф. Н. Павлов, Предупреждение эндогенных пожаров на медных рудниках. Изв. АН СССР, ОТН, № 7, 1952.
7. Г. И. Фукс, Агрегативная устойчивость и сверхмицеллярная структура. Колл. журн., т. XII, № 3, 1950.
8. П. А. Ребиндер, Е. Е. Сегалова, Новые проблемы коллоидной химии минеральных вяжущих материалов. «Природа», № 12, 1952.
9. П. А. Ребиндер. Совещ. по вязкости жидкостей и коллоидн. раств. Т. 1, Изд. АН СССР, М.—Л., 1941.
10. К. А. Поспелова, Конспект общего курса коллоидной химии по лекциям акад. П. А. Ребиндера, Изд. МГУ, 1949.
11. Н. В. Михайлов, П. А. Ребиндер, О структурно-механических свойствах дисперсных и высокомолекулярных систем. Колл. журн. т. XVII, № 2, 1955.
12. П. А. Ребиндер, Тр. совещ. по инженерно-геол. свойствам горных пород и методам их изучения, т. 1, Изд. АН СССР, М., 1956.
13. Б. В. Дерягин, Е. Обухов, Аномальные свойства тонких слоев жидкостей. Колл. журн., т. 1, 1935.
14. Б. В. Дерягин, Учение о свойствах тонких слоев воды в приложении к объяснению свойств глинистых пород. Тр. совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения, т. 1, Изд. АН СССР, отд. геол.-географ. наук, М., 1956.
15. В. С. Фадеева, Колл. журн., 5, 1957.
16. Г. А. Нурок, Б. К. Середа, Л. С. Судакович, К вопросу о технологии заилочных работ на угольных шахтах. «Уголь», № 8, 1954.
17. Г. Г. Федорова, Изучение физико-коллоидных свойств глин Челябинского угольного бассейна. Отчет, Свердловск, УФАН СССР, 1950.

А. П. СИДОРОВ

ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ

Развитие промышленности в Новосибирской области, крутой подъем сельского хозяйства, широкое жилищно-культурное строительство как в городе, так и в деревне резко увеличили и грузооборот транспорта. Однако современная сеть дорог Новосибирской области не отвечает требованиям интенсивной эксплуатации автопарка. Достаточно сказать, что по отношению к общей протяженности автогужевых дорог, имеющих значительный грузооборот, дороги с покрытием составляют всего 1%, а улучшенные — 1,93%. Но и эти участки улучшенных и гравийных дорог, а также щебеночного шоссе сильно изношены. Из-за отсутствия дорожной службы на большинстве дорог во время снежных метелей нормальное движение автотранспорта нарушается.

Из-за плохого состояния автомобильных дорог простои по бездорожью составляют до 90% от количества рабочих дней на инвентарный автомобиль. Годовой коэффициент выпуска автомобилей на трассу ниже 40%, а техническая скорость не превышает 18 км/час.

Из 22 дорог республиканского и областного значения, которые до июля 1957 г. находились в ведении Областного управления автомобильного транспорта и шоссейных дорог (Облавтошосдора), 10 не были обеспечены ни содержанием, ни текущим ремонтом со стороны дорожно-эксплуатационных участков (ДЭУ). С июля 1957 г. в ведении Облавтошосдора осталось всего 17 дорог, общим протяжением 2082 км.

Транспортным отрядом экспедиции Транспортно-энергетического института ЗСФАН СССР в 1955—1956 гг. было обследовано до 4000 км автогужевых дорог Новосибирской области с целью определить транспортные связи, изучить экономику районов, пользующихся автогужевыми дорогами, дать оценку условиям эксплуатации транспортных средств, строительства и содержания автомобильных дорог.

В целом о современном состоянии автодорожного хозяйства Новосибирской области можно сказать следующее.

В связи с освоением целинных и залежных земель за последние два года несколько оживилось строительство автомобильных дорог с черным покрытием. Строятся автодороги Здвинск — Барабинск (93 км), Каргат — Кочки (102 км) и подъезд на Довольное (63 км). Увеличился объем строительных работ по реконструкции автомобильных дорог Чаны — Кыштовка, Венгерово — Куйбышев, Новосибирск — Коченево, Новосибирск — Ордынское, Новосибирск — Искитим и др., значительно улучшились содержание и текущий ремонт грунтовых дорог в осенний период.

Однако следует заметить, что в практике автодорожного строительства наблюдаются недоработки, особенно при уплотнении земляного полотна и основания в зоне улучшенного слоя. Уплотнение производится

преимущественно проходящим транспортом, а не специальными машинами (катки, утюги и т. п.). Это экономически нерационально, так как нарушаются толщина и поверхность основания дороги, однородность состава улучшенного слоя (крупные частицы отбиваются к обочине). Улучшенный слой прогрессивно уменьшается на проезжей, наиболее нагруженной части дороги. Из-за того, что коэффициент сопротивления качению у дорожных машин меньше, чем у автомобилей, укатка поверхности дороги автомобилями обходится дорожке. Кроме того, снижается производительность автопарка, повышается себестоимость перевозок и расход дефицитных материалов (топливо, резина, запасные части), что приводит к убыткам гораздо более значительным, чем прямые расходы на укатку поверхности специальными дорожными машинами.

В 1955—1956 гг. повысился уровень механизации работ, выполняемых на местных дорогах. Это произошло в основном благодаря организации машинно-дорожных отрядов при МТС. Увеличилось оснащение механизации дорожно-эксплуатационных участков. Но преимущественная часть дорог области все еще остается без организованного содержания и ремонта.

Снегозащитные лесные полосы не получили еще достаточного распространения, хотя они совершенно необходимы из-за частых метелей. Полоса отвода и кюветы осенью, как правило, не очищаются от растительности, а это значительно увеличивает снежные заносы на дорогах.

Отсутствие местных каменных строительных материалов в районах Кулунды и Барабы усложняет и удорожает строительство дорог с покрытием. Особенно остро это чувствуется в северных районах Барабы, где часто встречаются участки со сложными гидрологическими условиями, затрудненным водоотводом, высокими уровнями грунтовых вод, выходящими на поверхность торфоотложениями и т. д. Здесь мало используются местные некондиционные дорожно-строительные материалы, особенно известково-мергелистые конкреции, местами распространенные в Барабинской низменности.

В связи с недооценкой дорожного строительства в ряде МТС механизмы простаивают из-за отсутствия тракторов, используемых в это время в сельском хозяйстве, и работы часто выполняются в сроки, не соответствующие требованиям эксплуатации и ремонта дорог. Профилирование и ямочный ремонт производятся, как правило, в период недостаточного увлажнения грунта, пересохший грунт пылит и не уплотняется. Такие работы оказываются малоэффективными и даже бесполезными.

В целом состояние автогужевых дорог области остается еще неудовлетворительным.

Существующая классификация дорог по интенсивности движения (по грузообороту) в НИТУ — 128-55 («Нормы и технические условия на проектирование автомобильных дорог», 1955) основана на технических признаках. Однако в ней не ясна роль основной сети — магистральных автомобильных дорог, имеющих экономическое, административно-культурное и оборонное значение. Интенсивность движения на них не всегда соответствует предусмотренной для дорог I, II или даже III технических категорий. В связи с этим большая часть магистральных дорог неизбежно представится в виде отдельных разрозненных участков, не будет условий для комплексной работы других видов транспорта и нельзя будет использовать преимущество смешанных перевозок. Для дорог существующей классификацией установлен слишком высокий уровень грузооборота.

На примере Новосибирской области ясно видно несоответствие классификации по НИТУ — 128-55, так как здесь к республиканским относят

ся дороги с меньшей интенсивностью движения, чем к областным (табл. 1). Из табл. 1 видно, что средний грузооборот на дорогах республиканского значения в 1960 г. будет равен 46,5 тыс. *ткм/км* в год, а на областных — 58,7 тыс. *ткм/км*.

Поэтому для определения объема работ комплексной транспортной сети Алтайского края и Новосибирской области нами были приняты в основу НиТУ — 128-55 с дополнениями, которые рассмотрены ниже.

В общей системе автодорожной сети СССР дороги следует делить по их роли в народном хозяйстве на дороги общего пользования и отраслевые (внутрихозяйственные и городские).

По нашему мнению, в числе основных признаков при классификации дорог общего пользования, наряду с экономическим их значением, необходимо учитывать роль дорог в административно-культурных транспортных связях и деление обслуживаемой территории по управлению народным хозяйством (совнархозами и т. д.).

С учетом этих признаков перспективная сеть дорог общего пользования, рассматриваемая при разработке гипотезы развития транспорта, делится нами на четыре категории, которые определяют значение дороги. Эту дополнительную классификацию дорог принято называть государственной в отличие от технической, которая определена в НиТУ — 128-55.

I категория — автодороги межгосударственного и союзного значения, обслуживающие транспортные связи между соседними государствами (республиками) и имеющие экономическое, культурное и стратегическое значение. Они расположены на территории смежных государств (республик). Кроме того, союзные дороги связывают столицу Советского Союза — Москву — со столицами союзных республик и важнейшими промышленными и культурными центрами СССР. В случае преобладания экономического признака при оценке этих дорог, грузооборот их должен составлять не менее 200 тыс. *ткм/км* в год.

II категория — автодороги республиканского значения (республиканские дороги), обслуживающие связи между столицей республики и центрами областей, краев, национальных округов, а также транспортные связи между областями, краями или национальными округами. Эти дороги имеют экономическое, административно-культурное и оборонное значение. Они расположены преимущественно на территории смежных областей, но в пределах одной республики.

В случае преобладания экономического признака средневзвешенный грузооборот автодорог республиканского значения не должен быть менее 50 тыс. *ткм/км* в год. Финансируются эти дороги за счет союзно-республиканского бюджета. Строительство их выполняется Главдорстроем, а эксплуатация и содержание — республиканскими отделениями Глававтошосдора.

III категория — автодороги областного (краевого) значения (областные дороги), осуществляющие связи между областными центрами и центрами районов, между районными центрами, между районными центрами и крупными пристанями, железнодорожными станциями, рабочими поселками и городами, а также особо важными предприятиями. Они размещены в пределах одной области, преимущественно на территории смежных районов. Как правило, их средневзвешенный грузооборот должен составлять не менее 25 тыс. *ткм/км* в год. Финансирование строительства производится за счет союзно-республиканского бюджета. Строительство осуществляют машинно-дорожные станции (МДС), а эксплуатацией и содержанием ведают областные (краевые) управтошосдоры, осуществляя их силами дорожно-эксплуатационных участков и прокатных дорожных отрядов (ДЭУ и ПДО).

Таблица 1
Перспективные титулы и транспортно-экономическая характеристика автомобильных дорог Новосибирской области на 1960 г.

| № п. п. | Наименование титула | По существующей классификации | По классификации автора | Расстояние в пределах области, км | Общий средневзвешенный грузооборот, тыс. <i>ткм/км</i> в год | Отрезок дороги с пятилетним сроком окупаемости капиталовложений на его строительство, км | |
|---|--|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--|--|------|
| 1 | Омск — Новосибирск | республ. | союзная | 550 | 23,8 | 278 | |
| 2 | Новосибирск — Томск | . | . | 131 | 35,4 | 60 | |
| 3 | Новосибирск — Камень — Барнаул | областн. | . | 165 | 87,5 | 165 | |
| 4 | Тара — Кыштовка — Северное — Куйбышев | часть областн. | республ. | 333 | 39,1 | 187 | |
| 5 | Новосибирск — Искитим — Барнаул | республ. | . | 141* | 44,2 | 100 | |
| 6 | Новосибирск — Ленинск-Кузнецкий — Кемерово | нет | . | 152 | 27,2 | 60 | |
| 7 | Новосибирск — Карасук — Павлодар | областн. | . | 330 | 61,7 | 250 | |
| 8 | Тара — Усть-Тарка — Татарск | . | областн. | 109 | 98,2 | 85 | |
| 9 | Кыштовка — Венгерово — Чаны | . | . | 173 | 188,0 | 173 | |
| 10 | Северное — Венгерово | нет | . | 148 | 47,9 | 102 | |
| 11 | Купино — Убинская | . | . | 216 | 29,3 | 91 | |
| 12 | Каргат — Кочки — Камень (подъезд на Довольное) | областн. | . | 173 | 99,0 | 173 | |
| 13 | Новосибирск — Кожевниково — Томск | нет | . | 142 | 58,3 | 97 | |
| 14 | Ояш — Тогучин | . | . | 54 | 29,6 | 54 | |
| 15 | Болотное — Тогучин | . | . | 49 | 33,2 | 49 | |
| 16 | Кыштовка — Муромцево | . | . | 42 | 27,1 | 35 | |
| 17 | Тогучин — Евсино | . | . | 128 | 22,0 | 52 | |
| 18 | Курундус — Черепаново | областн. | . | 193 | 44,7 | 104 | |
| 19 | Черепаново — Камень | . | . | 138 | 63,9 | 93 | |
| 20 | Куйбышев — Барабинск — Хабары | . | . | 244 | 86,5 | 191 | |
| 21 | Веселовское — Зубково | нет | . | 25 | 153,0 | 25 | |
| 22 | Карасук — Качиры | . | . | 50 | 84,9 | 36 | |
| 23 | Карасук — Баган — Купино — Чистоозерное | . | . | 173 | 21,2 | 105 | |
| 24 | Татарск — Михайловка (Иртышск) | . | . | 128 | 30,7 | 36 | |
| 25 | Чистоозерное — Чаны | . | . | 74 | 26,3 | 74 | |
| 26 | Пихтовка — Почга | . | . | 66 | 33,1 | 66 | |
| 27 | Сузун — Завьялово (подъезд на Каменку) | . | . | 93 | 71,2 | 93 | |
| 28 | Сузун — Чингисы | . | . | 48 | 34,8 | 48 | |
| 29 | Чумаково — Кожурла | областн. | . | 45 | 43,5 | 45 | |
| 30 | Баган — Довольное — Панкрушиха | . | . | 214 | 43,0 | 135 | |
| 31 | Баган — Качиры | . | . | 56 | 76,4 | 56 | |
| 32 | Купино — Михайловка (Иртышск) | . | . | 87 | 45,7 | 49 | |
| 33 | Оконешниково — Чистоозерное | . | . | 60 | 27,0 | 36 | |
| Итого: | | | | союзных | 846 | 37,9 | 503 |
| | | | | республ. | 956 | 46,5 | 597 |
| | | | | областн. | 2928 | 58,7 | 2103 |
| Всего дорог общего пользования (без районных) | | | | | 4730 | 52,4 | 3203 |

* Из них 48 км построено.

IV категория — автодороги районного значения (районные дороги). Они обслуживают транспортные связи между райцентром и МТС, центральными усадьбами совхозов, пристанями, железнодорожными станциями и другими пунктами районного значения. Расположение этих дорог не выходит за пределы одного административного района. Их средневзвешенный грузооборот не должен быть менее 10 тыс. ткм/км в год. Строительство выполняется силами МДС, а эксплуатация и содержание осуществляются райавтошосдорами силами и средствами ПДО.*

Большую часть постоянных дорог второстепенного значения (сельских дорог, по старой терминологии) мы относим к отраслевым. Пользуются этими дорогами главным образом колхозы. Поэтому все отраслевые дороги должны строиться и содержаться дорожными отрядами при МТС на договорных условиях с основными пользователями — колхозами и в отдельных случаях совхозами.

В рамках единой транспортной сети нами рассматриваются только дороги общего пользования (по нашей перспективной классификации).

Предлагаемая система деления и подчинения автодорожной сети, по нашему мнению, значительно облегчит согласованную работу автотранспорта с другими видами транспорта.

На примере Новосибирской области рассматривается также и экономически обоснованный возможный вариант структуры дорожной службы (см. рис. 1), сущность которой состоит в следующем:

а) для дорог I и II категории государственной классификации титулы и управления дорог должны назначаться в соответствии с примыканием дорог к республиканским, областным, краевым центрам (городам) с размещением контор управления на середине участка, в городе областного подчинения. Например, для титула дороги Омск — Новосибирск управление дороги целесообразнее разместить в Куйбышеве, а не в Новосибирске и т. д. Это приблизит руководство к производству работ на управляемой территории и облегчит контроль за проезжим состоянием дороги на всем ее протяжении;

б) для дорог III и IV категории государственной классификации отдельные титулы дорог должны назначаться в соответствии с примыканием дорог к путям других видов транспорта — железным дорогам и водным путям — к станциям и пристаням.

Основную сеть автомобильных дорог СССР должны составить дороги I и II категории (по государственной классификации). Они используются на равных правах с железными дорогами и водными путями, с которыми часто идут параллельно, взаимно дополняя друг друга. Поэтому в общей структуре по значению они должны быть выделены в отдельную подгруппу I группы дорог (рис. 1).

Дороги областные и районные являются разветвлениями магистральных путей сообщения (железных дорог, автодорог и др.). Используются они преимущественно для смешанных перевозок в комплексе с другими видами транспорта и самостоятельно — при освоении перевозок внутри экономического района. Специфическая роль областных и районных дорог позволяет также выделить их в особую подгруппу I группы дорог (см. рис. 1).

В настоящее время серьезные недостатки имеет организационная структура эксплуатационной службы ремонта и содержания дорог. В дорожных хозяйствах Новосибирской области мало дорожной техники; нет

* С июля 1957 г. эта категория дорог передана в ведение совхозов и колхозов. Автор считает, что это мероприятие временное, направленное на ускорение строительства дорог общего пользования. Им предусматривается концентрация средств на главной сети дорог области.

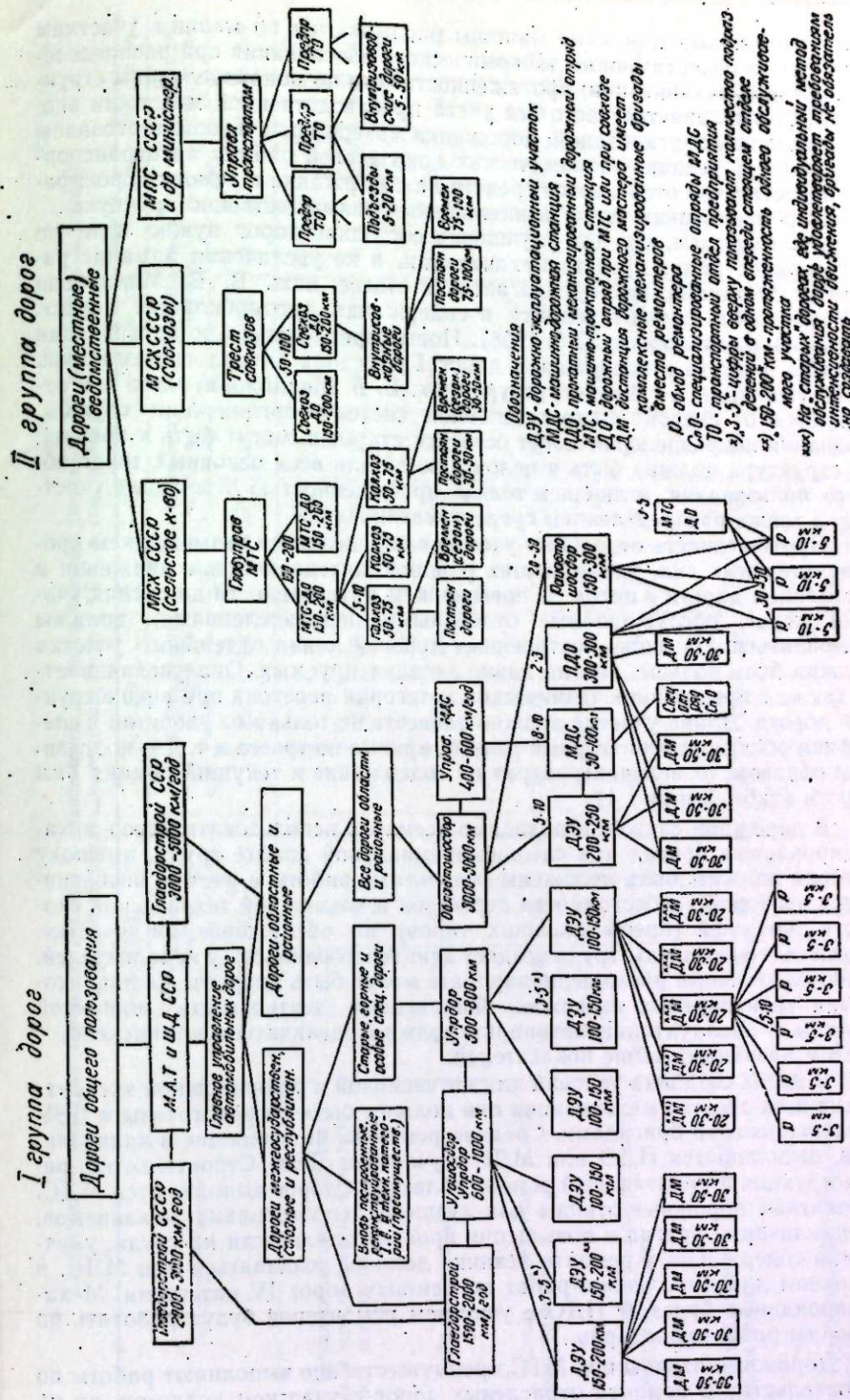


Рис. 1. Перспективная структура автодорожной сети.

ремонтной базы; дорожные машины распыляются по мелким участкам дорог из-за недостаточного экономического обоснования при распределении средств механизации; протяженность сети по подразделениям структуры устанавливается часто без учета производственной мощности эксплуатационных организаций; дорожники материально не заинтересованы в улучшении технико-экономических показателей работы автотранспорта; недостаточно отпускается средств на содержание и ремонт дорог; работы по содержанию дорог выполняются преимущественно вручную.

Мы полагаем, что для улучшения состояния дорог нужно идти по пути концентрации средств механизации, а не увеличения административных инстанций, как предлагается в статье инж. В. В. Михайлова («Упорядочить службу ремонта и содержания автомобильных дорог», Автомобильные дороги, № 8, 1956). Новые предложения по организации службы ремонта и содержания дорог Гушосдора (новая система инж. И. И. Иголкина, а также структура инж. В. В. Михайлова) мало чем отличаются от старой четырехступенной системы организации службы. Названия подразделений могут остаться старыми, могут быть и новыми, но структура должна быть в целом единой для всех основных дорог общего пользования, отличаясь только протяженностью отдельных участков, а также распределением средств механизации.

Протяженность отдельных участков определяется размещением производительных сил, прилегающих районов, интенсивностью движения и состоянием дороги в целом. С повышением интенсивности движения участки дорог, обслуживаемые отдельными подразделениями, должны уменьшаться. На вновь построенных дорогах длина отдельного участка должна быть больше, чем на давно эксплуатируемых. Она увеличивается также с повышением технической категории перегона при реконструкции дороги. Длина участка должна зависеть не только от удобства и специфики обслуживания (горный рельеф, кривые по трассе и т. д.), но, главным образом, от величины затрат на содержание и текущий ремонт 1 км дороги (табл. 2 и рис. 1).

В дорожной службе необходимо всемерно использовать метод механизированных бригад при сдельно-премиальной оплате труда, в основу которой должны быть положены результаты работы с учетом интенсивности движения, себестоимости перевозок и возможной технической скорости экипажей (преобладающих типов) на обслуживаемом участке. Такая система оплаты труда создает заинтересованность у исполнителей, а дополнительные расходы по зарплате могут быть покрыты частью экономии транспортных издержек. Финансовая деятельность дорожной службы и эксплуатации автопарка должна оцениваться комплексно, с учетом названных выше показателей.

В целях создания условий для интенсивной и рациональной эксплуатации всех средств механизации они должны быть сосредоточены в ДЭУ и закреплены за бригадами. Средние ремонты, не входящие в капитальный, выполняются ПДО или МДС с участием ДЭУ. Строительство, реконструкция и капитальный ремонт областных дорог выполняются МДС. Прокатные дорожные отряды для лучшего использования механизмов, специализации бригад и повышения производительности их труда, улучшения содержания и ремонта техники должны создаваться при МДС, в основном для выполнения работ по ремонту дорог IV категории. Механизированные бригады ПДО с участием ремонтников будут работать по заданию райавтошосдоров.

Дорожные отряды при МТС преимущественно выполняют работы по строительству и ремонту отраслевых дорог с участием колхозов, по их заданию. На договорных началах под контролем райавтошосдоров они

Таблица 2

Структура организации дорожной службы в зависимости от интенсивности движения (n автомобилей в сутки) и дорожно-эксплуатационных расходов (ДЭР, в тыс. руб./км в год)

| Тип покрытия дороги | $n_1 = 500$ | | | $n_2 = 1000$ | | | $n_3 = 2000$ | | | $n_4 = 3000$ | | | $n_5 = 5000$ и более | | |
|---|-------------|---------------------------|----|--------------|---------------------------|-----|--------------|---------------------------|-----|--------------|---------------------------|-----|----------------------|---------------------------|-----|
| | ДЭР | протяженность участка, км | | ДЭР | протяженность участка, км | | ДЭР | протяженность участка, км | | ДЭР | протяженность участка, км | | ДЭР | протяженность участка, км | |
| | | ДЭУ | ДМ | | Р | ДЭУ | | ДМ | ДЭУ | | ДМ | ДЭУ | | ДМ | ДЭУ |
| Цементобетонные, брусчатка и мозаичная на капитальном основании | — | — | — | 6 | 200 | 50 | 7 | 175 | 40 | 8 | 175 | 40 | 10 | 150 | 30 |
| Асфальтобетонные | 8 | 200 | 50 | 9 | 200 | 50 | 10 | 175 | 40 | 12 | 150 | 300 | 15 | 150 | 30 |
| Черные щебеночные и черные гравийные | 10 | 175 | 50 | 12 | 175 | 40 | 14 | 150 | 30 | 16 | 150 | 30 | 20 | 120 | 20 |
| Мостовые из колотого и булыжного камня | 12 | 175 | 40 | 14 | 150 | 30 | 16 | 150 | 30 | 18 | 120 | 20 | 20 | 100 | 20 |
| Щебеночные и гравийные, белое шоссе | 15 | 175 | 30 | 20 | 150 | 150 | 25 | 120 | 20 | 30 | 100 | 20 | — | — | — |
| Грунтовопрофилированная дорога | 18 | 150 | 30 | 25 | 120 | 20 | 50 | 100 | 20 | — | — | — | — | — | — |

отвечают за содержание районных дорог и выполняют их аварийные ремонты. Все работы по содержанию лесных полос целесообразно передать в ведение МТС. Эти участки должны обслуживаться специальными бригадами по лесоразведению. В настоящее время, в период перехода от современного состояния автодорожной сети к перспективной ее системе, на райавтошосдоры возложено техническое руководство дорожными работами в колхозах и совхозах (техническая помощь в производстве проектно-изыскательских работ и технический контроль за качеством выполняемых работ).

В результате подробных технико-экономических расчетов и анализа межрайонных транспортных связей Сектором проблем транспорта ТЭИ ЗСФАН СССР определены грузооборот и грузопотоки, на основании чего разработана комплексная транспортная сеть Алтайского края и Новосибирской области, включающая в себя железные и автомобильные дороги, судоходные водные пути. Грузооборот на автомобильных дорогах Новосибирской области в 1960 г. составит около 380 млн. ткм, в том числе на перевозках зерна транспорт общего пользования будет иметь грузооборот до 130,0 млн. ткм в год. Более значительный рост грузооборота ожидается по зерновым грузам, лесу и строительным материалам. Так, на Карасукский пункт «Заготзерно» в 1954 г. поступило зерна 167 тыс. т, а в 1957 г. — примерно 250 тыс. т.

В соответствии с разработанной нами новой структурой, сеть автомобильных дорог Новосибирской области должна иметь следующие титулы и службу ремонта и содержания: три дороги союзного значения, четыре республиканского и 26 областного (см. табл. 1).

Из табл. 1 видно, что для союзных и республиканских дорог (I и II категории по государственной классификации) на современном уровне развития народного хозяйства Новосибирской области преобладающим признаком классификации является не интенсивность движения, а административно-культурные связи.

В связи с пуском в эксплуатацию железнодорожной линии широкой колеи Камень — Карасук основной поток хлебных грузов из Кулунды (в пределах Новосибирской области) должен пойти, минуя очень перегруженную Транссибирскую магистраль. Поэтому для Кочковского, части Доволенского, Краснозерского, Веселовского, Карасукского, Андреевского и Купинского районов экономичнее выгоднее отправлять хлебные грузы не на север, как раньше, а на юг. Особенно для Кочковского района наиболее экономично иметь транспортные связи по хлебным грузам через ст. Мир (Панкрушиха) или ст. Половинная и пристань Кирза, а не через станции Каргат и Карасук. Кроме того, для снижения транспортных расходов целесообразнее было бы базы снабжения и пункты «Заготзерно» размещать в одних и тех же поселках. Именно концентрация, а не распыление грузопотоков позволит строить рентабельные автомобильные дороги. Поэтому, например, размещение нефтебазы в с. Спирино, а пункта «Заготзерно» в с. Кирза экономически не оправдывается.

Учитывая экономически рациональное распределение грузопотоков, можно ожидать, что наиболее грузонапряженными участками дорог в 1960 г. будут следующие (грузооборот в тыс. т в год): Краснозерское — Половинное — 384, Венгерово — Чаны — 382, Усть-Тарка — Татарск — 265, Кочки — ст. Мир (Панкрушиха) — 245, Поселок Мирный — Курундус — 222, Здвинск — Барабинск — 218, Кыштовка — Венгерово — 207, Усть-Суминское — Каргат — 196, Карасево — Черепаново — 172, совхоз Пролетарский — Кирза — 171, Искитим — Новосибирск — 715, Маслянино — Черепаново — 165, В.-Ирмень — Новосибирск — 280, Веселовское — Зубково — 153, Аткуль — Убинское — 140, Коченево — Новосибирск —

310, Северное — Куйбышев — 134, Колывань — Новосибирск — 125, Лепокурово — Баган — 124, Студеное — Карасук — 121, Черная Курья — Карасук — 118, Битки — Завьялово — 110.

В целом по области автомобильные дороги общего пользования должны составить сеть протяженностью около 10 тыс. км. По данным технико-экономического анализа и расчетов, выполненных ТЭИ ЗСФАН СССР, из них 66 км дорог III технической категории, 2450 км IV категории и до 7300 км V категории по технической классификации ННТУ — 128-55. Средневзвешенная грузонапряженность дорог общего пользования в 1960 г. определяется в 35—40 тыс. ткм/км, а максимальная — в 715 тыс. ткм/км нетто. Учтя еще и существующую сейчас сезонность грузоперевозок (в сентябре и октябре они обычно в 6—8 раз возрастают по

Таблица 3
Объем первоочередного строительства автодорог по районам Новосибирской области (2—3-летний срок окупаемости капиталовложений при грузообороте в 1960 г. свыше 50 тыс. ткм/км в год)

| Административные районы | Протяженность, км | | | | Всего дорог без районных, км |
|-------------------------|-------------------|-----------------|-----------|----------|------------------------------|
| | союзные | республиканские | областные | районные | |
| Андреевский | — | — | 93 | — | 93 |
| Барабинский | — | — | 59 | — | 59 |
| Болотнинский | — | — | 9 | — | 9 |
| Венгеровский | 3 | — | 153 | — | 156 |
| Веселовский | — | — | 25 | 10 | 25 |
| Доволенский | — | — | 43 | 40 | 43 |
| Здвинский | — | — | 45 | — | 45 |
| Искитимский | — | 19 | — | 25 | 19 |
| Карасукский | — | 85 | — | — | 95 |
| Каргатский | 8 | — | 94 | — | 102 |
| Колыванский | — | — | 44 | — | 44 |
| Коченевский | 75 | 18 | — | — | 93 |
| Кочковский | — | 49 | 38 | — | 87 |
| Краснозерский | — | — | 44 | 49 | 44 |
| Куйбышевский | — | 49 | — | — | 49 |
| Купинский | — | — | 69 | 41 | 69 |
| Кыштовский | — | — | 49 | — | 49 |
| Маслянинский | — | — | 33 | — | 33 |
| Михайловский | — | — | 45 | — | 45 |
| Мошковский | 27 | — | — | — | 27 |
| Новосибирский | 89 | 36 | 27 | — | 152 |
| Ордынский | 117 | 50 | — | 16 | 167 |
| Северный | — | 59 | — | — | 59 |
| Сузунский | — | — | 65 | — | 65 |
| Татарский | — | — | 45 | 18 | 45 |
| Тогучинский | — | — | 17 | 48 | 17 |
| Убинский | — | — | 14 | 48 | 14 |
| Усть-Таркский | — | — | 27 | — | 27 |
| Чановский | — | — | 46 | 14 | 46 |
| Черепановский | — | — | 75 | — | 75 |
| Чистоозерный | — | — | 10 | — | 10 |
| Чулымский | 32 | 30 | — | — | 62 |
| Итого: | 351 | 395 | 1169 | 309 | 1915 |

отношению к среднемесячным показателям), можно ожидать, что интенсивность движения в 1960 г. достигнет 3000 автомобилей в сутки. Такое движение на ряде перегонов требует немедленного развертывания широкого строительства автодорог общего пользования.

Если для перспективного расчета объема дорожного строительства принять пятилетний срок окупаемости капиталовложений, то в Новосибирской области за пять лет нужно построить до 5000 км дорог, на которых будет сосредоточено до 90% общего грузооборота автодорог области. Если же в первую очередь начать строить участки дорог с наибольшей интенсивностью движения и сократить намеченный объем строительства до 2000 км, то капиталовложения в 600 млн. руб. окупятся в два-три года за счет снижения эксплуатационных расходов на автотранспорте. Этот объем первоочередного строительства показан в табл. 3.

Для эффективного использования средств в соответствии с предлагаемой нами структурой организации дорожной службы необходимо иметь по 4—5 ДЭУ на дорогах союзного и республиканского значения. На дорогах областного значения вместо 9 ДЭУ (из них 3 находятся на союзно-республиканских дорогах) нужно иметь 14—15. И в дополнение к 9 дорожным отрядам, организованным при МТС, следует иметь еще 45—60. Не следует создавать дорожные отряды при каждой МТС, как это было предусмотрено в первоначальном плане Управления сельского хозяйства Новосибирской области. Эффективнее было бы организовать постоянно действующие более крупные групповые дорожные отряды на зону 2—3 МТС.

Для реализации плана первой очереди строительства автодорог общего пользования на территории Новосибирской области должно быть сосредоточено 10—12 МДС, подчиненных хозрасчетному дорожно-строительному управлению и обеспеченных техникой по каждой МДС на программу строительства 50—75 км автодорог IV—V категорий в год.

Западно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
24/IX 1957

С. А. КОЛЯГО

УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ЕДИНЫЙ
ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС
(К ОСНОВАМ ПАЛЕОПОЧВОВЕДЕНИЯ)

Сообщение II*

Отсутствие всестороннего историко-генетического или палеогеографического освещения условий почвообразования, как и недостаточная разработанность учения о едином почвообразовательном процессе, являются слабым местом в теории современного почвоведения.

В сообщении I нами уже отмечалось, что В. В. Докучаев [1—3] дал отличные примеры палеогеографического освещения условий почвообразования. Однако, не располагая необходимыми материалами, он не мог создать теорию единого почвообразовательного процесса и развить свое учение о факторах почвообразования в широком историко-генетическом плане.

Фактор времени в учении В. В. Докучаева о почвообразовании и его условиях не занял подобающего ему места. Прав был И. П. Герасимов, когда говорил, что «фактор времени в процессе повременного развития почвенных образований был, таким образом, В. В. Докучаевым подчинен среде; как самодовлеющий, самостоятельный фактор он исчез или во всяком случае оказался позади «основных» почвообразователей» [4, стр. 240].

В работах учеников и последователей В. В. Докучаева в конце XIX и начале XX вв. нельзя найти такого освещения условий почвообразования, которое отвечало бы требованиям познания единого почвообразовательного процесса. Историко-генетический анализ условий почвообразования, если он и имел место у ряда авторов, то не выходил за пределы познания генезиса и развития отдельных типов почв.

Переломным этапом в расширении историко-генетического подхода к изучению условий почвообразования явились исследования В. Р. Вильямса. Создав учение о едином почвообразовательном процессе, к оценке и изучению условий почвообразования он подошел принципиально по-новому — под углом зрения широких историко-генетических связей.

Однако разработка учения о едином почвообразовательном процессе В. Р. Вильямсом не была завершена. Как справедливо отмечает И. П. Герасимов, «...из поля зрения В. Р. Вильямса при разработке рассматриваемого учения совершенно выпал огромный период геологического времени, отделяющий эпоху развития первичного почвообразовательного процесса от эпохи развития его современных форм и направлений» [5, стр. 62]. Кроме того, предложенная В. Р. Вильямсом схема развития почвенного покрова Европейской части Союза в послеледниковую эпоху; как уже ранее отмечалось, не может быть принята в настоящее время. В связи

* Печатается в порядке обсуждения. Сообщение I опубликовано в № 2 журнала за 1958 г. — *Ред.*

с этим нельзя полностью принять и ту оценку условий почвообразования, которая дана В. Р. Вильямсом под углом зрения его схемы развития единого почвообразовательного процесса.

Вопрос об углублении познания единого почвообразовательного процесса, и, в связи с этим, вопрос об оценке и изучении условий почвообразования в широком палеогеографическом плане получили дальнейшее развитие в исследованиях И. П. Герасимова [5—7]. Он убедительно показал недостаточность изучения почвообразовательного процесса и его условий только в отношении генезиса и развития отдельных почв, подчеркнув острую необходимость изучения этих вопросов в широком палеогеографическом или «филогенетическом» плане, от возникновения жизни и почвообразовательного процесса на Земле до современной геологической эпохи. Работы И. П. Герасимова по рассматриваемым вопросам безусловно являются программными.

Правильно и своевременно поставил вопрос о разработке палеопочвоведения Ф. С. Соболев [8].

Перейдем к рассмотрению наших соображений по историко-генетической оценке условий почвообразования с позиции познания единого почвообразовательного процесса.

О возрасте страны

Для изучения почвообразовательного процесса в палеогеографическом плане, т. е. следовательно, для познания единого почвообразовательного процесса, первостепенное значение приобретают факторы времени и пространства. Вне времени и пространства не может существовать ни одна из конкретных форм материи, следовательно, не мыслимы вне времени и пространства почвы и их развитие. Это отчетливо сознавал В. В. Докучаев, выделив эти факторы почвообразования среди других под названием «возраст страны».

На заре почвоведения как науки, когда не только не существовало учения о едином почвообразовательном процессе, но и не были изучены еще частные почвообразовательные процессы в почвах отдельных стран, обозначение факторов времени и пространства понятием «возраст страны» было логичным, так как геологический возраст той или иной страны позволял определять соответствующий отрезок геологического времени, в течение которого развивались почвообразовательные процессы — формировались соответствующие почвы. Иначе говоря, геологический возраст позволял определять почвенный возраст данной страны и конкретизировать таким образом фактор времени в пределах определенного пространства.

В настоящее время, когда перед учеными стоит задача выяснения истории почвообразовательного процесса, когда необходимо знать не только частные почвообразовательные процессы, развивающиеся в пределах отдельных стран, но и их историко-генетическую преемственность, обозначать факторы времени и пространства понятием «возраст страны» или «почвенный возраст страны» совершенно недостаточно. Факторы времени и пространства, с точки зрения познания единого почвообразовательного процесса, необходимо выражать понятием «почвенный возраст Земли», что означает отрезок времени от появления жизни и почвообразовательного процесса на Земле до настоящего момента их развития.

Но и такой конкретизации факторов времени и пространства еще недостаточно для познания единого почвообразовательного процесса.

Чтобы успешно разбираться в историко-генетической соподчиненности частных почвообразовательных процессов в масштабе почвенного возраста Земли, необходимо выделять и учитывать:

- 1) геологические и геолого-почвенные возрасты стран земного шара,
- 2) абсолютные и относительные возрасты современных почвенных покровов стран земного шара и их почв,
- 3) абсолютные и относительные возрасты палеогеографических почвенных покровов стран земного шара и их почв.

Необходимость такой конкретизации факторов времени и пространства вытекает из следующих теоретических предпосылок, которые, как нам кажется, не вызывают сомнения.

«Почвообразование — по словам В. Р. Вильямса — представляет один из следов непрерывного процесса эволюции жизни на земной поверхности» [9, стр. 71]. Жизнь и вместе с ней единый почвообразовательный процесс на поверхности всей Земли развивались непрерывно. На отдельных же ее участках (странах) и жизнь, и частные почвообразовательные процессы, как показывают данные исторической геологии, прерывались теми или иными геологическими явлениями. При этом во многих странах такие перерывы в эволюции континентальной жизни и континентальных почвообразовательных процессов совершались неоднократно*; развитие частных почвообразовательных процессов, образование почв и почвенных покровов чередовались с уничтожением их под влиянием тех или иных геологических явлений.

Последние перерывы в развитии частных почвообразовательных процессов и первые этапы в формировании современных почвенных покровов в пределах стран земного шара имели место в различные, но в общем более поздние геологические времена. Пример этого — ледниковые и внеледниковые области Европейской части Союза.

Поэтому между началом образования современных почвенных покровов разных стран и возникновением единого почвообразовательного процесса лежит огромный отрезок геологического времени, в течение которого в пределах разных стран Земли возникали и исчезали различные частные почвообразовательные процессы, различные почвы и почвенные покровы. Не реставрировав их, нельзя рассчитывать на познание единого почвообразовательного процесса. Как бы глубоко мы ни изучали частные почвообразовательные процессы в почвах современных почвенных покровов стран земного шара, как бы тщательно ни устанавливали их историко-генетическую соподчиненность в рамках только почвенных возрастов стран земного шара, нам не удалось бы все-таки разобраться в сложной историко-генетической соподчиненности этих процессов в рамках почвенного возраста Земли.

Необходимо, очевидно, для каждой страны земного шара раздвинуть временные рамки изучения частных почвообразовательных процессов, захватив не только тот отрезок времени, в течение которого формировались почвы современного почвенного покрова (почвенный возраст страны), но и более древний, начиная с того времени, когда данная страна впервые стала сушей, и на ней впервые началось почвообразование. Иначе говоря, ко времени, которое определяет абсолютный почвенный возраст страны в понимании В. Р. Вильямса, необходимо добавить тот более древний отрезок геологического времени, в течение которого в пределах данной страны создавались и уничтожались геологическими явлениями бывшие, или палеогеографические, почвенные покровы. В целом это будет отрезок

* Здесь мы сознательно не учитываем почвообразование и почвы на дне водоемов, как неизученные.

зок времени от первоначального зарождения континентального почвообразования на поверхности данной страны до современного момента ее истории. Поскольку в течение этого отрезка времени перемежались то преимущественно почвенные, то геологические процессы и явления, мы и предлагаем обозначить его понятием «геолого-почвенный возраст страны».

Геолого-почвенный возраст в таком понимании может быть определен только в том случае, если известен геологический возраст страны, т. е. то геологическое или историческое время, когда данная страна впервые стала представлять собою новый участок суши земного шара.

Из сказанного выше понятно, что при изучении частных почвообразовательных процессов в пределах стран с различным геолого-почвенным возрастом необходимо различать современные и былые, палеогеографические, почвенные покровы. Продолжительность существования и характер развития тех и других не могли быть одинаковыми. Поэтому представляется целесообразным для каждого почвенного покрова различать абсолютный и относительный возраст.

Под абсолютным возрастом современного почвенного покрова той или иной страны понимается отрезок времени от возникновения данного покрова до современного момента его развития.

Под абсолютным возрастом того или иного палеогеографического почвенного покрова понимается соответствующий отрезок времени его существования, т. е. отрезок времени между предыдущим и последующим перерывами континентального почвообразования.

Каждый современный и палеогеографический почвенный покров той или иной страны имеет свою историю развития, которую мы и предлагаем обозначить термином «относительный возраст». Относительный возраст как современных, так и палеогеографических почвенных покровов можно выяснить только на основе знания генезиса и развития отдельных почв, которые, в свою очередь, имеют свои абсолютные и относительные возрасты.

Под абсолютным возрастом почвы понимается период непрерывного ее развития. Понятием «относительный возраст» почвы обозначается специфическая история ее развития. Смысл выделения этого понятия состоит в том, что в течение одного и того же отрезка времени (при одинаковом абсолютном возрасте), но при разных сочетаниях условий почвообразования, могут возникать и развиваться разные почвы.

После того, как в пределах всех или большей части стран земного шара, имеющих различный геолого-почвенный возраст, будут определены абсолютные и относительные возрасты почв и почвенных покровов (современных и палеогеографических), появится фактическая основа для разрешения вопроса о развитии единого почвообразовательного процесса.

Очевидно, представится возможным, путем сопоставления и систематизации материалов о развитии частных почвообразовательных процессов в пределах различных стран, во-первых, выявить последовательность возникновения стадийных почвообразовательных процессов и их типологических комплексов, т. е. последовательность формирования современных типов почв, во-вторых, выяснить развитие отдельных типологических комплексов стадийных почвообразовательных процессов, т. е. развитие современных типов почв, не только в масштабе геолого-почвенного и почвенного возрастов отдельных стран, но и в масштабе почвенного возраста Земли и, в-третьих, воссоздать палеогеографию почв земного шара.

Таким образом, оценивая факторы времени и пространства с точки зрения познания единого почвообразовательного процесса, мы приходим к следующим выводам:

1. На современном этапе почвоведения, когда познание единого почвообразовательного процесса является основной теоретической задачей, конкретизация факторов времени и пространства понятием «возраст страны» совершенно недостаточна.

2. Для успешного изучения единого почвообразовательного процесса необходимо выделять и учитывать следующие категории времени и пространства: 1) почвенный возраст Земли, 2) геологические и геолого-почвенные возрасты стран земного шара, 3) абсолютные и относительные возрасты современных почвенных покровов стран земного шара, 4) абсолютные и относительные почвенные возрасты палеогеографических почвенных покровов стран земного шара, 5) абсолютные и относительные возрасты почв современных и палеогеографических почвенных покровов стран земного шара.

3. На современном этапе познания единого почвообразовательного процесса первоочередными задачами являются:

1) разделение суши земного шара на участки (страны) с различным геолого-почвенным возрастом, 2) выявление в границах выделяемых стран количества палеогеографических почвенных покровов, 3) изучение частных почвообразовательных процессов на территории каждой страны с целью установления абсолютных и относительных возрастов почв как современного, так и палеогеографических почвенных покровов, а также абсолютных и относительных возрастов самих почвенных покровов.

Одно из важных условий решения указанных задач — широкое палеогеографическое изучение всех других условий почвообразования.

О рельефе и материнских породах

Рельеф и материнские породы, как известно, различно влияют на развитие того или иного частного процесса почвообразования. Но с точки зрения познания единого почвообразовательного процесса и, в частности, выяснения специфики развития почв и почвенных покровов в пределах страны с различным геолого-почвенным возрастом, роль этих условий во многом сближается. Объясняется это тем, что рельеф и материнские породы генетически неразрывно связаны между собой. Каждой форме рельефа соответствует своя материнская порода или какие-то новые свойства одной и той же породы, если сравниваемые формы рельефа генетически и морфологически близки друг другу. Формы рельефа и образующие их горные породы едины так же, как едины форма и содержание.

Это генетическое единство их может быть использовано прежде всего для разделения суши земного шара на страны с различным геолого-почвенным возрастом, а также для разрешения двух других указанных выше задач.

Напомним, что страны с различным геолого-почвенным возрастом, в нашем понимании, — это такие участки континентов, которые имели различное число палеогеографических почвенных покровов и, следовательно, различную геологическую историю. Но участки земной поверхности (страны) со своеобразной геологической историей представляют собой не что иное, как геоморфологические участки, специфика развития которых выражается в определенных физико-географических ландшафтах и в том числе в формах рельефа и породах, их слагающих.

Все элементы того или иного ландшафта, как известно, находятся в генетической связи и взаимной обусловленности. Тем не менее каждый из них характеризуется своими закономерностями развития, отличается своими циклами развития.

Рельеф, материнские и подстилающие горные породы в силу их генетической близости имеют и близкие циклы развития. Вместе с тем эти циклы отличаются от циклов развития других условий почвообразования значительно большим периодом воспроизводимости. Иначе говоря, формы рельефа и слагающие их горные породы изменяются во времени медленнее, чем климат, элементы биосферы, почвы и хозяйственная деятельность человека. Понятно поэтому, что своеобразие геологической истории того или иного геоморфологического участка (страны) земного шара полнее всего отражается определенным сочетанием рельефа, материнских и подстилающих пород.

Следовательно, рельеф, материнские и подстилающие породы являются такими геоморфологическими условиями почвообразования, опираясь на которые можно быстро устанавливать хотя бы ориентировочные границы стран с различным геолого-почвенным возрастом.

Но этим еще не исчерпывается историко-генетическое значение рельефа и материнских пород. Наиболее существенное их значение состоит в том, что они могут явиться ключом геоморфологического анализа, который позволяет восстанавливать главнейшие этапы геологической истории интересующей нас страны и, следовательно, ее геологический и геолого-почвенный возрасты. Основываясь на данных геоморфологического анализа, нетрудно также выявить абсолютные возрасты как современного, так и палеогеографических почвенных покровов изучаемой страны, а также абсолютные возрасты слагающих их почв.

Разумеется, рельеф и материнские породы могут явиться ключом геоморфологического анализа лишь в том случае, если мы будем изучать их генезис или, по крайней мере, использовать имеющиеся геоморфологические данные по этому вопросу.

Многочисленные геоморфологические данные [9—14 и др.] говорят о том, что генезис и развитие рельефа материнских и других горных пород в определенной степени связаны не только с тектоникой страны, но и с развитием биоклиматических условий. Поэтому изучение рельефа и образующих его горных пород в историко-генетическом плане может пролить свет на палеогеографические условия, а через них и на развитие частных почвообразовательных процессов в почвах как современного, так и палеогеографических почвенных покровов интересующей исследователя страны.

Таким образом, значение рельефа, материнских и подстилающих горных пород в познании единого почвообразовательного процесса состоит, во-первых, в том, что они позволяют быстро выделять на земной поверхности геоморфологически своеобразные участки (страны), различающиеся по своему геолого-почвенному возрасту, во-вторых, в том, что они, при условии выявления их генезиса и развития, являются ключом для установления геологического, геолого-почвенного возрастов страны, абсолютного и относительного возрастов современного и палеогеографических почвенных покровов, а также абсолютного и относительного возрастов почв тех и других почвенных покровов.

О биоклиматических условиях

Историко-генетическое значение биоклиматических условий почвообразования огромно: климат и элементы биосферы при взаимодействии между собой и другими условиями почвообразования всегда определяли характер и направление развития как отдельных частных почвообразовательных процессов в рамках геолого-почвенных возрастов стран зем-

ного шара, так и единого почвообразовательного процесса в рамках почвенного возраста Земли.

С тех пор, как возникла жизнь, развитие климатических условий на земной поверхности стало осложняться биосферой, и тем значительнее, чем более многообразной и активной она становилась. Климат и элементы биосферы (в частности, растительный покров) стали развиваться совместно, одновременно взаимодействуя с менее энергично изменяющимися во времени геоморфологическими условиями — рельефом и материнскими породами. Эти взаимодействия вызвали изменения биоклиматических условий, как это наблюдается в современных биоклиматических зонах, неоднородных в геоморфологическом отношении.

Геоморфологическая неоднородность земной поверхности и, следовательно, неоднородность биоклиматических условий сохранялись всегда. Кроме того, как указывалось выше, в разные геологические отрезки времени в пределах геоморфологически своеобразных участков земного шара (стран) взаимосвязанное развитие всех условий почвообразования, а значит, и частных почвообразовательных процессов, прерывалось теми или иными геологическими явлениями. Поэтому на протяжении всей почвенной истории Земли биоклиматические условия почвообразования развивались по-разному в пределах стран с различным геолого-почвенным возрастом. Понятно, что, изучая биоклиматические условия с точки зрения познания единого почвообразовательного процесса, мы должны интересоваться не только современными их особенностями, но и выявлять историю их развития в пределах изучаемых стран.

Для выявления палеоклиматических, палеоботанических и палеозоологических условий необходимо, очевидно, использовать как прямые палеонтологические документы, так и косвенные материалы, получаемые с помощью геоморфологического анализа и анализа истории хозяйственной деятельности человека.

О хозяйственной деятельности человека

Хозяйственная деятельность человека стала выступать в качестве исключительно активного условия почвообразования на определенном этапе развития единого почвообразовательного процесса, а именно — с начала четвертичного периода кайнозойской эры. Следовательно, историко-генетические материалы, связанные с хозяйственной деятельностью человека, могут пролить свет на историю биоклиматических и геоморфологических условий, принимавших участие в образовании и развитии, главным образом, современных почвенных покровов.

По мере развития человеческого общества хозяйственная деятельность человека становилась все более активным фактором, влиявшим на природные условия почвообразования, на частные почвообразовательные процессы, на почвы и почвенные покровы. Поэтому, выясняя ее историю, мы получаем возможность судить о том, как могли в тот или иной отрезок времени изменяться природные условия почвообразования и вместе с ними почвообразовательные процессы под влиянием того или иного вида, способа и орудия трудовой деятельности человека. Иначе говоря, по данным истории хозяйственной деятельности человека мы можем уточнять особенности и почвообразующую роль палеогеографических природных условий почвообразования, выявленных другими путями и методами.

Хозяйственная деятельность человека определяется социально-экономическими причинами. Тем не менее на всех этапах человеческого общества она не могла осуществляться без учета природных условий (кли-

мата, растительного и животного мира, обводненности территории, рельефа и почв). Поэтому те или иные ее следы могут и должны быть использованы не только для уточнения почвообразовательной роли известных (уже установленных) палеогеографических условий почвообразования, но и как важный дополнительный фактический материал для выявления природных условий почвообразования того или иного геологического или исторического отрезка времени в пределах изучаемой страны.

Таким образом, знание социально-экономических условий почвообразования — хозяйственной деятельности человека — исключительно важно не только для успешного изучения современных частных почвообразовательных процессов и почв, но и для выяснения их истории в пределах стран с различным геолого-почвенным возрастом и, следовательно, для познания истории единого почвообразовательного процесса. Поэтому при решении вопроса генезиса и развития почв той или иной страны нельзя ограничиваться изучением современной хозяйственной деятельности человека, нужно стремиться выяснить ее историю, широко привлекая для этого данные археологии.

**

Ранее, в итоге историко-генетической оценки времени и пространства, мы пришли к заключению, что на современном этапе познания единого почвообразовательного процесса одной из первоочередных задач является изучение частных почвообразовательных процессов как в современных почвах, так и в почвах палеогеографических почвенных покровов в пределах стран с различным геолого-почвенным возрастом.

Теперь, в итоге историко-генетической оценки всех других условий почвообразования, мы можем сказать, что современные геоморфологические (рельеф, материнские породы) и биоклиматические условия почвообразования, а также хозяйственная деятельность человека, при изучении их в историческом аспекте, позволяют судить о палеогеографических условиях почвообразования в рамках абсолютных возрастов почв как современных, так и палеогеографических почвенных покровов отдельных стран.

Но допустим, что нам удалось установить палеогеографические условия почвообразования в отрезки времени, которыми измеряются абсолютные возрасты почв современного и палеогеографических почвенных покровов той или иной страны. Каким образом мы можем прийти к заключению о былых частных почвообразовательных процессах, о былых почвах и почвенных покровах?

Вопрос этот, разумеется, очень сложный. Постепенное решение его, на наш взгляд, должно идти на основе актуалистического принципа в диалектико-материалистическом его истолковании. Иначе говоря, в решении интересующего нас вопроса нужно исходить не только из установленных комплексов палеогеографических условий почвообразования, но и из результатов изучения современных комплексов условий почвообразования, частных почвообразовательных процессов и почв в пределах как данной страны, так и всех других стран земного шара. При этом необходимо учитывать, что современные комплексы условий почвообразования и частных почвообразовательных процессов представляют собой лишь возможные более развитые аналоги былых комплексов почвообразования, былых частных почвообразовательных процессов и былых почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Докучаев, Русский чернозем. Отчет Вольному экономич. общ., Спб, 1883.
2. В. В. Докучаев, К вопросу о соотношениях между возрастом и высотой мест-солонцов, с другой. Вестн. естествозн., № 1—3, 1891.
3. В. В. Докучаев, Наши степи прежде и теперь. Спб, 1892.
4. И. П. Герасимов, Новые идеи в географии почв. Почвоведение, № 2, 1935.
5. И. П. Герасимов, Научные основы систематики и классификации почв. Почвоведение, № 8, 1954.
6. И. П. Герасимов, Происхождение природы современных географических зон на территории СССР. Изв. АН СССР, сер. географ., № 2, 1951.
7. И. П. Герасимов, Палеогеографическое значение учения В. Р. Вильямса о едином почвообразовательном процессе. Пробл. физ. геогр., т. XVI, 1951.
8. Ф. С. Соболев, Почвообразовательный процесс и этапы развития растительности. Почвоведение, № 1, 1954.
9. В. Р. Вильямс Соч., т. 6, 1957.
10. К. К. Марков, Основные проблемы геоморфологии. Географгиз, 1948.
11. Я. С. Эдельштейн, Основы геоморфологии. Госгеолгиздат, 1947.
12. И. П. Герасимов, К. К. Марков, Ледниковый период на территории СССР. АН СССР, 1939.
13. И. С. Щукин, Геоморфология суши. Ч. I, 1933, ч. II, 1938.
14. М. А. Усов, Элементы геоморфологии и геологии рыхлых отложений. Изд. Зап.-Сиб. ГГГТ, Томск, 1934.

Л. В. ТЕТЕРИНА, Е. И. ЧЕРНЯК

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ПОЧВ В НИЗОВЬЯХ р. ЯКОКИТ В СВЯЗИ С ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ОСВОЕНИЕМ

На юге Якутии быстрыми темпами развивается промышленность. Необходимость обеспечить на месте растущее население района сельскохозяйственными продуктами требует развития здесь сельского хозяйства и в первую очередь площадей, пригодных для сельскохозяйственного освоения. Наиболее подходящей для освоения оказалась долина р. Якокит Алданского района. Обследованная ею в 1954 г. занимался почвенный отряд Якутского филиала АН СССР в составе авторов статьи под руководством ст. научных сотрудников Почвенного института АН СССР Е. Н. Ивановой и И. П. Герасимова.

Основная цель работы заключалась в изучении почвенного покрова территории, определения размера площадей пахотнопригодных почв, агрономической оценке с точки зрения использования их под овощи, картофель, сенокосы и выявлении, в конечном итоге, возможности организации здесь совхоза. Исследованиями установлена такая возможность, и в настоящее время трест «Алданзолото» уже приступил к освоению долины р. Якокит. Цель статьи — помочь правильно использовать почвы данного района для земледелия.

Геоморфологическое строение и рельеф

Географическое положение исследованной территории определяется координатами 58°50' и 59°10' с. ш., 125°35' и 126° в. д. По характеру рельефа и геологическому строению ее можно разделить на две области: Алданское плоскогорье и Южно-Якутское плато.

Долина р. Якокит расположена на границе этих двух областей: южная часть территории расположена в области Алданского плоскогорья, а северная (основная) — в области Южно-Якутского плато.

Алданское плоскогорье на юге граничит с предгорьями Становых гор, на севере — с Южно-Якутским плато. Сложено оно метаморфическими, кристаллическими породами (сланцы, граниты, гнейсы) архейского возраста. На самом юге его встречаются гольцы из интрузивных пород. Вершины их имеют куполообразную форму, очень крутые каменистые склоны и почти лишены растительности. Рельеф Алданского плоскогорья сглаженный, слаборасчлененный. Широкие слабодренированные водораздельные пространства постепенно спускаются к долинам рек полого-покатыми склонами. Абсолютные высоты их достигают 600—800 м.

К северу от Алданского плоскогорья местность понижается, становится еще более сглаженной и постепенно переходит в Южно-Якутское полого-волнистое плато, сложенное толщей кембрийских доломитизированных известняков. Долины рек хорошо выражены. Ширина их в сред-

нем 1,5—2 км, местами достигает 3 км. Вся р. Якокит в значительной степени заболочена. Она очень маловодная, с порожистым руслом, к концу лета пересыхает, а зимой промерзает до дна. Долина реки имеет две хорошо выраженные эрозионно-аккумулятивные террасы.

Пойменная терраса, возвышающаяся на 2—3 м над меженным уровнем, выстлана в основном галечниковым и галечно-песчаным аллювием. Выше идет первая надпойменная терраса, которая имеет хорошо выраженный мезорельеф, представленный релками и депрессиями между ними. Релки сложены песчаным аллювием, депрессии заболочены и представляют собой осоково-вейниковые кочкарники, сложенные песчаным и супесчаным аллювием.

Основными почвообразующими породами междуречий являются элювий кристаллических пород (гранитов и гнейсов) и элювий кембрийских известняков, на склонах — делювиальные наносы, а в долинах рек — русловый аллювий.

Климат и растительность

Климат исследуемой территории резко континентальный: суровая, холодная зима и сравнительно жаркое, засушливое лето. Среднегодовая температура отрицательная, колеблется в пределах от —6 до —8°С. Минимальная температура в январе достигает —50°, а максимальная в июне, самом теплом месяце, +35°. Зимние отрицательные температуры начинают спадать в апреле, и во второй половине мая устанавливается теплая погода. Весна длится всего месяц. Вторая половина июня — уже лето. Переход от лета к зиме короткий, не более одного месяца. Нередко в начале сентября выпадает снег. По средним показателям температуры этот район является вполне земледельческим, но отрицательно сказывается на развитии земледелия небольшая продолжительность безморозного периода. Абсолютно безморозным является только июль. В августе же, несмотря на то, что средние температуры положительные, возможны резкие колебания температур, вплоть до заморозков, в особенности в долинах рек, позднеосенние заморозки здесь чаще всего наблюдаются в конце июня, а раннеосенние в конце августа. Осадков в этом районе выпадает от 250 до 350 мм в год. Основная доля их приходится на вторую половину лета (150—200 мм).

И. П. Герасимов и Н. В. Куклин [1] в южных районах Якутии отмечают вертикальную смену растительных группировок. Вершины самых высоких водоразделов заняты лиственнично-сосновыми борами и кедрово-лиственничными лесами. Ниже по склону преобладают лиственничные леса. В пойменной террасе встречается большое количество крупных елей и тополей, достигающих в диаметре до 1 м. Подробнее растительность будет рассмотрена ниже, при характеристике отдельных разновидностей почв.

Почвы

В долине р. Якокит и прилегающих к ней водоразделах нами выделены следующие почвы: 1) горные нейтральные (бывшие подзолистые), 2) горные дерново-лесные палевые, 3) болотные, 4) дерново-подзолистые на делювиально-аллювиальных отложениях, 5) дерново-лесные аллювиальные. Каждая из этих почв подразделяется на ряд разновидностей, существенно отличающихся по морфологии, физико-химическим свойствам, плодородию и пригодности для освоения.

Ниже характеризуются основные почвы территории.

Горные нейтральные (бывшие подзолистые) почвы при-

урочены к южной части исследуемой территории, к области Алданского плоскогорья, и покрывают плоские водоразделы и их склоны к долинам рек. Впервые описаны В. Г. Зольниковым [2—4] для Центральной Якутии и Олекминского района.

Формируются эти почвы в условиях среднего пояса тайги, которая представлена здесь лиственничными лесами и лиственнично-сосновыми борами, с подлеском из березы Миддендорфа, кустарниковой ольхи, рододендрона золотистого, кедрового стланика. В травянистом ярусе — голубика, брусника, лишайники и мхи.

Морфологически характеризуются хрящеватым или щебнистым тяжело- и среднесуглинистым механическим составом, хорошо выраженным профилем (у некоторых разновидностей особенно ясно выражен верхний белесый горизонт); органическое вещество представляет собой оторфованный грубый перегной.

Горные нейтральные (бывшие подзолистые) почвы по месту расположения и мощности верхней мелкоземистой части профиля подразделяются нами на следующие разновидности:

а) суглинистые маломощные, занимающие водораздельные пространства и верхние трети склонов (рис. 1, контур 6*);

б) суглинистые среднемощные и мощные, занимающие средние и частично верхние трети склонов на юго-западе исследованной территории (контур 4);

в) суглинистые маломощные и среднемощные, занимающие склоны в юго-восточной части территории (контур 5);

г) почвы гольцов, занимающие самые высокие водораздельные пространства на юге исследуемой территории (контур 7).

Приводим морфологическое описание, химические и физические свойства горных нейтральных (бывших подзолистых) почв (по разрезу 23).

Разрез 23

Заложен на расстоянии около 2 км от будки Ольховая и в 200 м от лесной дороги.

Растительность: сосновый лес с редкой лиственницей, сомкнутость крон 0,2—0,3, диаметр деревьев на высоте груди 27 см. В подлеске береза кустарниковая, ольха, багульник, голубика; из кустарничков — брусника. Травянистая растительность — мхи (кукушкин лен).

Описание профиля: мерзлота (7/VII—1954 г.) на глубине 150 см. От соляной кислоты почва не вскипает по всему профилю. Горизонты:

A_0 , 1—0 см, — лесная подстилка из хвон, опада листьев, кукушкиного льна;

$A_0 + A_1$, 0—3 см, — сухой, темновато-бурый, бесструктурный, густо пронизан корнями растений, органогенный — грубый перегной;

A_2 , 3—6 (11) см, — слегка влажный, светло-серый (состоит почти из одного SiO_2), бесструктурный, пронизан корнями растений, граница со следующим горизонтом неровная, переходит в следующий горизонт резко;

B_1 , 6 (11)—15 (18) см, — влажный, желтовато-бурый, среднесуглинистый с мелкой редкой щебенкой, бесструктурный, уплотненный, пронизан корнями растений, переходит в следующий горизонт ясно;

B_2 , 15 (18)—74 см, — влажный, светло-бурый, среднесуглинистый, мелкокомковатый, уплотненный; с 43 см встречается средняя и крупная

* Поскольку в статье использован один рисунок, в дальнейшем будем указывать только контур.

г по-

тый,

кри-

3.

ца 1

чвы

кому

я пы-

чаная

ли-

лева-

я

ли-

лева-

ли-

чано-

ца 2

полити-

я кис-

лотность,

г/см³

,50

,20

,81

,10

,02

ца 3

жкий,

100 г

6

едл

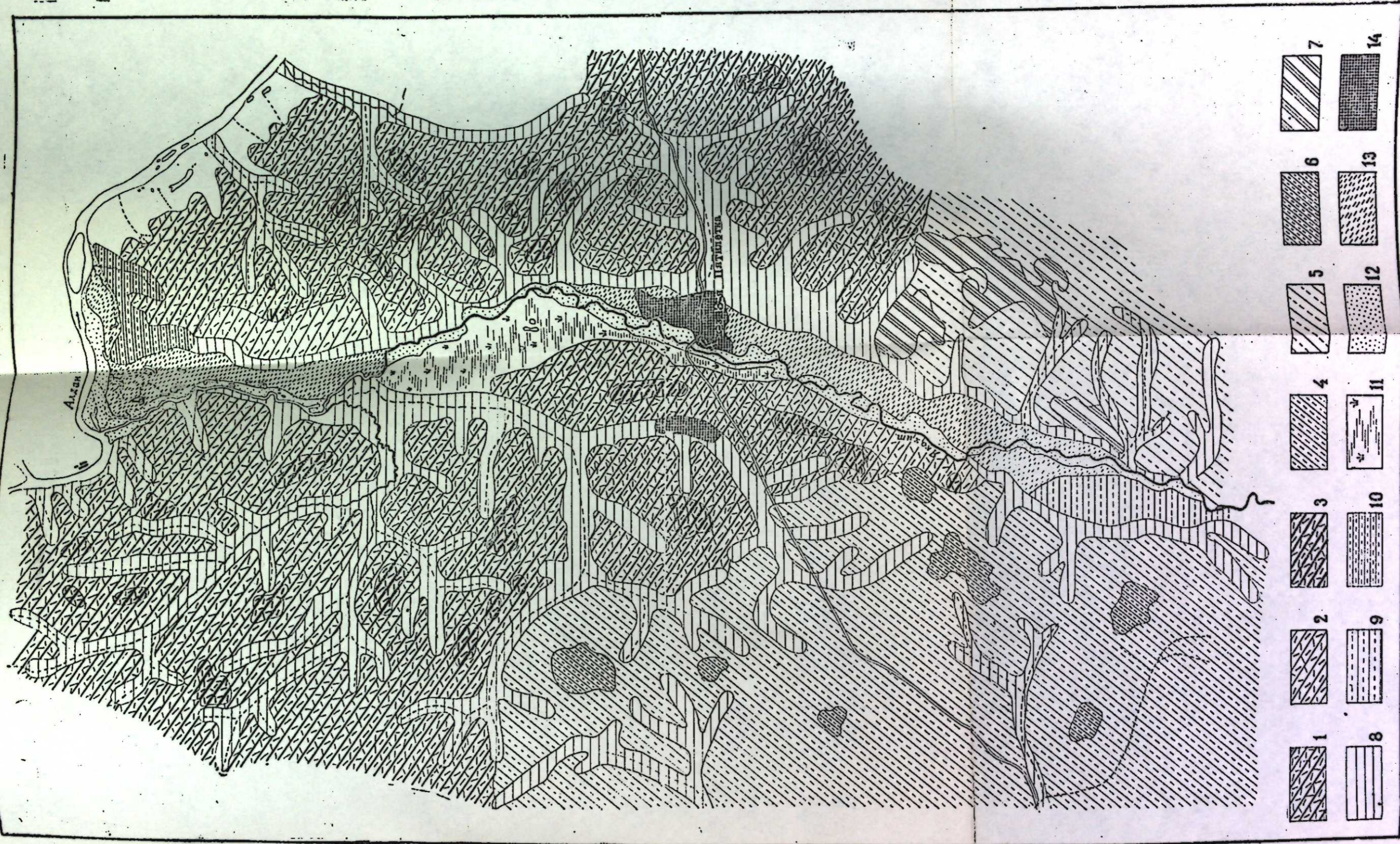


Рис. 1. Почвенная карта низовьев долины р. Якокит (составила Л. В. Тетерина, 1954 г.).

1 — горные дерново-лесные падевые, тяжелоуглинистые, мощные и среднечеткие; 2 — горные дерново-лесные падевые, тяжелоуглинистые, маломощные и среднечеткие (крутые склоны); 3 — горные дерново-лесные падевые, тяжелоуглинистые, мощные и среднечеткие; 4 — горные нейтральные (быльшие подзолистые), суглинистые, среднечеткие и мощные; 5 — горные нейтральные (быльшие подзолистые), суглинистые, маломощные и среднечеткие; 6 — горные нейтральные (быльшие подзолистые), суглинистые, маломощные и среднечеткие; 7 — почвы подзолистые (быльшие подзолистые), суглинистые, маломощные и среднечеткие; 8 — дерново-лесные оподзоленные, на делювиально-аллювиальных отложениях; 9 — дерново-лесные оподзоленные, легкоуглинистые, на аллювии; 10 — болотные торфяно-пересыщенные, на аллювии; 11 — болотные торфяно-пересыщенные, суглинисто-супесчаные, на аллювии; 12 — дерново-лесные оподзоленные, на аллювии; 13 — болотные торфяно-пересыщенные, суглинисто-супесчаные, на делювиально-аллювиальных отложениях; 14 — болотные озаровые, суглинисто-супесчаные, на аллювии.

щебенка, увеличивающаяся книзу; переходит в следующий горизонт по-
степенно;

BC, 74—150 см.—влажный, светло-буроватый, среднесуглинистый,
содержащий около 50—60% крупного щебня.

Почва горная нейтральная, суглинистая мощная, на элювии кри-
сталлических пород.

Характеристика этих почв (разреза 23) приведена в табл. 1—3.

Таблица 1

Механический состав горной нейтральной почвы
(аналитик В. П. Покровская)

| Гори- зон | Глубина взятия образца, см | * Содержание фракций, % | | | | | | Сумма частей <0,01 | Название почвы по механическому составу |
|----------------|-------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|--------|--------------------------|---|
| | | 1— 0,25 | 0,25— 0,05 | 0,05— 0,01 | 0,01— 0,005 | 0,005— 0,001 | <0,001 | | |
| A ₂ | 4—9 | 76,00 | 5,00 | 8,4 | 2,80 | 3,30 | 4,50 | 10,60 | Супесчаная пы- левато-песчаная |
| B ₁ | 8—14 | 48,00 | 3,00 | 11,50 | 7,90 | 10,20 | 19,40 | 37,50 | Среднесугли- нистая пылева- то-песчаная |
| B ₂ | 25—35 | 55,00 | 0,90 | 8,80 | 6,50 | 10,90 | 17,90 | 35,30 | Среднесугли- нистая пылева- тая |
| BC | 140—150 | 47,10 | 7,60 | 11,00 | 7,60 | 8,10 | 18,60 | 34,30 | Среднесугли- нистая песчано- пловатая |

Таблица 2

Обменные основания и гидролитическая кислотность горной нейтральной почвы
(аналитик Е. И. Черняк)

| Горизонт | Глубина взятия образца, см | pH | | Ca ^{..} %/мл.эка | Mg ^{..} %/мл.эка | Сумма Ca + Mg ^{..} мл.эка | Емкость поглощения мл.эка | Гидроли- тическая кис- лотность, мл.эка |
|--------------------------------|-------------------------------------|---------|--------|------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------|--|
| | | солевой | подный | | | | | |
| A ₀ | 1—0 | — | — | — | — | — | — | — |
| A ₀ +A ₁ | 0—3 | — | — | 0,2713 | 0,1125 | 22,93 | — | 73,50 |
| | | | | 13,56 | 9,37 | | | |
| | | | | 0,0216 | 0,0308 | 3,65 | 7,8 | 4,20 |
| A ₂ | 4—9 | 5,88 | 7,12 | 1,08 | 2,57 | | | |
| | | | | 0,0292 | 0,0274 | | | |
| B ₁ | 8—14 | 6,09 | 7,44 | 1,46 | 2,28 | 3,74 | — | 11,81 |
| | | | | 0,0186 | 0,0172 | 2,36 | 12,9 | 9,10 |
| B ₂ | 25—35 | 5,60 | 5,91 | 0,93 | 1,43 | | | |
| | | | | 0,0124 | 0,0429 | 4,19 | 12,9 | 4,02 |
| BC | 140—150 | 6,41 | 7,82 | 0,62 | 3,57 | | | |

Таблица 3

Агрохимические свойства горной нейтральной почвы

| Горизонт | Глубина взятия образца, см | Гумус, % | Азот | | C : N | Кальций под- вижный, мг/100 г | Фосфор | |
|--------------------------------|-------------------------------------|----------|------------------|------------------------|-------|-------------------------------------|------------------|------------------------|
| | | | валло- пой, % | гидролиз., мг/100 г | | | валло- пой, % | подвижный, мг/100 г |
| A ₀ +A ₁ | 0—3 | 78,29 | 1,04 | — | 43,66 | — | — | 6 следы |
| A ₂ | 4—9 | 1,56 | 0,17 | 4,76 | 5,35 | 7,6 | 0,06 | . |
| B ₁ | 8—14 | 3,27 | 0,25 | 7,42 | 7,56 | 36,00 | 0,11 | . |
| B ₂ | 25—35 | 1,05 | 0,16 | 4,35 | 3,81 | 9,00 | 0,16 | . |
| BC | 140—150 | 0,53 | 0,17 | 4,76 | 1,82 | 10,00 | 0,12 | . |

Таким образом, характерные морфологические признаки этих почв — отсутствие вскипания от соляной кислоты по всему профилю, большая мощность верхней мелкоземистой части профиля, малая мощность и слабая выраженность бывшего подзолистого горизонта.

Горные нейтральные (бывшие подзолистые) почвы имеют легкий механический состав верхних горизонтов за счет выноса иловатых частиц в иллювиальный горизонт В, в нижних горизонтах снова наблюдается некоторое облегчение почвы глинистой фракцией.

По агрохимическим свойствам эти почвы менее благоприятны, чем горные дерново-лесные и болотные (см. ниже). Они имеют нейтральную реакцию по всему профилю, бедны питательными веществами, обладают низкой поглотительной способностью и высокой гидролитической кислотностью.

Но благодаря мощному бесщепеночному горизонту и благоприятному для освоения месту залегания, эти почвы, по нашему мнению, можно выборочно использовать в земледелии при внесении в них органических и минеральных удобрений. Общая площадь их на исследованной территории 14800 га, использовать можно 2000 га.

Горные дерново-лесные палевые почвы

Распространены в северной части исследованной территории, в области Южно-Якутского плато, занимают водораздельные пространства и их склоны. В поле мы предварительно называли эти почвы дерново-карбонатными оподзоленными, но данные химических анализов и знакомство с литературой не подтвердили этих предположений. По химическим свойствам и морфологии они ближе к дерново-лесным палевым почвам, описанным В. Г. Зольниковым для Центральной Якутии и Олекминского района.

Горные дерново-лесные палевые почвы развиты под сосновой и сосново-лиственничной моховой тайгой с богатым кустарниковым ярусом. Почвообразующими породами являются кембрийские известняки и мергели. По мощности верхней мелкоземистой части профиля и месту залегания горные дерново-лесные палевые почвы подразделяются нами на три разновидности:

а) тяжелосуглинистые маломощные, занимающие ровные водораздельные пространства (контур 3);

б) тяжелосуглинистые маломощные и среднемощные, занимающие крутые склоны (контур 2);

в) тяжелосуглинистые мощные и среднемощные, занимающие средние и нижние трети склонов (контур 1).

Для характеристики этих почв приводим описание их разреза.

Разрез 115

Заложен на расстоянии около 2,5 км от пос. Якокит, в 80 м от магистрали на Алдан (по правую сторону ее). Северо-западный склон к ручейку Дэлбэ, угол наклона около 3,5°.

Растительность: лиственничный лес с редкой сосной и березой: Л—9, Б и С—1. Высота деревьев 15—16 м, сомкнутость 0,4. Диаметр деревьев на высоте груди от 37 до 15 см. В подлеске ольха и береза.

Из кустарников и кустарничков распространены шиповник, можжевельник, багульник, спирея, жимолость, брусника, линнея, ломонос. Травянистая растительность — иван-чай, грушанка, вейник, осока, хвощ, мхи и лишайники.

Описание разреза: глубина его 102 см, почва от соляной кислоты вскипает с 20—24 см. Горизонты:

А₀ 3—0 см, — подстилка из мхов, лишайников, хвои и опада листьев;

А₀—А₁ 0—4 см, — влажный, темновато-бурый, бесструктурный, густо переплетен корнями растений, переход в следующий горизонт ясный;

В₁ 4—19 (24) см, — сильно влажный, бурый с красноватым оттенком, глинистый, комковато-пороховидный, слегка уплотненный, с корнями растений, переход в следующий горизонт ясный;

В₂ 19 (24)—41 см, — сильно влажный, светло-бурый, глинистый, комковато-пороховидный, с корнями растений, около 20% щебенки известняков, переход в следующий горизонт ясный;

ВС, 41—102 см, — влажный, светло-бурый с розовым оттенком, глинистый, ореховатый, со щебнем и камнями известняков.

Почва горная дерново-лесная палевая, тяжелосуглинистая среднемощная.

Общие морфологические признаки этих почв: вскипание от соляной кислоты с глубины 25—50 см, верхний мелкоземистый горизонт достигает мощности 50 см и более, горизонт В имеет характерную темно-бурю окраску с красным оттенком.

Характеристика этих почв (разреза 115) дана в табл. 4, 5.

Таблица 4

Агрохимические свойства горной дерново-лесной палевой почвы

| Горизонт | Глубина взятия образца, см | pH | | Гумус, % | Азот | | С : N | Калий подвижный, мг/100 г | Фосфор | |
|--------------------------------|----------------------------|---------|--------|----------|------------|---------------------|-------|---------------------------|------------|---------------------|
| | | солевой | водный | | валовой, % | гидролиз., мг/100 г | | | валовой, % | подвижный, мг/100 г |
| А ₀ | 3—0 | — | — | — | 1,03 | 8,99 | — | 133,2 | 0,30 | 8 |
| А ₀ —А ₁ | 0—4 | 7,16 | 7,51 | 13,43 | 0,43 | 8,15 | 18,11 | 11,66 | 0,20 | 2 |
| В ₁ | 9—19 | 7,32 | 7,32 | 1,03 | 0,10 | 4,61 | 5,97 | 4,25 | 0,18 | следы |
| В ₂ | 28—38 | 7,56 | 8,35 | 1,84 | 0,10 | 3,75 | 10,60 | 4,62 | 0,19 | следы |
| ВС | 50—60 | 7,77 | 8,36 | 1,30 | 0,08 | 1,89 | 9,38 | 4,62 | 0,14 | следы |

Таблица 5

Обменные основания и гидролитическая кислотность горной дерново-лесной палевой почвы

| Горизонт | Глубина взятия образца, см | Са ⁺⁺ , %/мл-экв | Мг ⁺⁺ , %/мл-экв | Сумма Са+Мг, мл-экв | Гидролитическая кислотность, мл-экв |
|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| А ₀ + А ₁ | 0—4 | 0,7210 | 0,1146 | 45,60 | 7,00 |
| | | 36,05 | 9,55 | | |
| В | 9—19 | 0,5140 | 0,1364 | 37,07 | 3,32 |
| | | 25,70 | 11,37 | | |
| В ₂ | 28—38 | 2,329 | 0,308 | 142,11 | 3,50 |
| | | 116,45 | 25,66 | | |
| ВС | 50—60 | 3,294 | 0,3098 | 190,52 | 0,17 |
| | | 164,70 | 25,82 | | |

Из табл. 4 и 5 видно, что горные дерново-лесные палевые почвы имеют щелочную реакцию по всему профилю. Запас питательных веществ их незначителен (особенно бедны эти почвы калием, азотом, фосфором, доступными для растений). Эти почвы обладают высокой погло-

тительной способностью; верхние горизонты их имеют сумму обменных Са и Mg больше 40 мл-экв.

В итоге можно сказать, что горные дерново-лесные палевые, тяжелоуглинистые почвы, в которых мощность верхней мелкоземистой части профиля не менее 50 см, вполне пригодны для сельскохозяйственного использования. Но при этом необходимы правильная система обработки почв и систематическое внесение в них органических удобрений.

Болотные почвы

Эти почвы широко распространены на исследуемой территории; они занимают надпойменную террасу р. Якокит, нижние трети склонов, а также долины всех мелких таежных ручейков.

Почвы эти формируются в условиях повышенного или избыточного увлажнения под покровом моховой, кустарниково-моховой и листовечно-кустарниково-моховой растительности. На нижних третях склонов эти почвы покрыты низкорослыми редкостойными листовенничными лесами с ерниковой березой в подлеске и с хорошо развитым моховым покровом. В долинах мелких ручейков, а также на надпойменной террасе р. Якокит они покрыты кустарниково-моховой растительностью.

Типичные растения для болотных почв следующие: из травянистых — мхи (сфагновые, гипновые) и осоки; из кустарников и кустарничков — багульник болотный, голубика, брусника, ерниковая береза, ива, кассандра, лапчатка кустарниковая.

Почвообразующие породы — аллювиальные, аллювиально-делювиальные и делювиальные отложения продуктов выветривания коренных пород.

Общие морфологические признаки для всех болотных почв — близкое залегание мерзлоты (даже к концу лета она не опускается ниже 50—80 см) и значительная мощность торфяно-перегнойного горизонта (местами она достигает 30 см). Болотные почвы разнообразны по механическому составу и морфологии. В зависимости от почвообразующих пород среди них есть и глинистые, и супесчаные разности. На исследуемой территории наибольшее распространение получили торфяно-перегнойные почвы (перегной в них от 25 до 50%).

В зависимости от почвообразующих пород, окультуренности и химических свойств все болотные почвы подразделяются нами на две разновидности:

а) дерново-болотные торфяно-перегнойные тяжело-суглинистые, мощные, развитые на делювии коренных пород;

б) болотные торфяно-перегнойные суглинисто-супесчаные средне-мощные на аллювии.

Почвы первой разновидности (контур 8) развиты под листовеннично-кустарниково-моховой растительностью на нижней трети склонов и под кустарниково-моховой — в долинах таежных ручейков. Основными почвообразующими породами являются делювиальные отложения продуктов выветривания коренных пород.

Дерново-болотные торфяно-перегнойные почвы характеризуются большой мощностью (до 80 см) верхней мелкоземистой части профиля, близостью залегания мерзлоты (к концу лета мерзлота опускается на 50—70 см), ясной выраженностью торфяно-перегнойного горизонта (мощность его достигает 20 см). Большинство этих почв вскипает от соляной кислоты с 35—40 см.

Характеристика этих почв по механическому составу (разрез 448) дана в табл. 6.

Таблица 6
Механический состав дерново-болотных торфяно-перегнойных почв
(аналитик В. П. Покровская)

| Горизонт | Глубина взятия образца, см | Содержание фракций, % | | | | | | Сумма частей <0,01 | Название почвы по механическому составу |
|----------|-------------------------------------|-----------------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|--------|--------------------------|---|
| | | 1-0,25 | 0,25- 0,05 | 0,05- 0,01 | 0,01- 0,005 | 0,005- 0,001 | <0,001 | | |
| A | 0-12 | 28,60 | 8,50 | 16,80 | 0,60 | 0,80 | 44,70 | 46,10 | Тяжелосуглинистая песчано-иловатая |
| BC | 40-50 | 6,00 | 17,70 | 17,40 | 8,40 | 26,70 | 23,80 | 58,90 | Глинистая иловато-пылеватая |
| C | 90-100 | 1,60 | 3,40 | 29,00 | 10,10 | 28,60 | 27,30 | 66,00 | Глинисто-иловато-пылеватая |

Как видно из табл. 6, по механическому составу эти почвы относятся к тяжелосуглинистым и глинистым. Некоторое облегчение механического состава в верхних горизонтах объясняется, видимо, большим количеством грубого органического вещества. Содержание глинистых частиц колеблется в пределах 30—60%. Преобладающей фракцией является пылеватая, а потом иловатая.

Данные анализов физических свойств этих почв (разрез 448) приведены в табл. 7.

Таблица 7
Физические свойства дерново-болотной торфяно-перегнойной почвы

| Глубина, на которую велось определение, см | Абсолютная влажность в % к сухой навеске | Объемный вес | Удельный вес твердой фазы | Пороз- ность об- щая в % | Влагоем- кость в % к высушен. при 105° почве | Максимальная гигро- скоп. в % к высушен. при 105° почве |
|---|---|-----------------|---------------------------------|--------------------------------|--|---|
| 3-0 | — | — | 1,71 | — | 66,10 | — |
| 0-12 | 65,55 | 0,43 | 2,41 | 82,15 | 75,47 | 19,25 |
| 12-27 | 60,33 | 0,92 | 2,61 | 64,75 | 54,24 | 11,69 |
| 40-50 | 48,64 | 0,98 | 2,64 | 62,89 | 42,94 | 10,37 |
| 90-100 | 34,22 | 1,62 | 2,62 | 55,73 | 55,78 | 10,32 |

Почвы разреза 448 имеют удовлетворительную водопроницаемость (за первый час — 79,81 мм, за второй — 68,08 мм, за третий — 61,00 мм, за четвертый — 62,07 мм, за пятый — 55,08 мм, за шестой — 58,05 мм, т. е. за 6 часов — 384,09 мм).

Эти данные говорят о том, что дерново-болотные торфяно-перегнойные почвы обладают благоприятными для их освоения физическими свойствами.

В табл. 8 приводим данные о химическом составе этих почв (разрез 448).

Из таблицы 8 видно, что дерново-болотные торфяно-перегнойные почвы в связи с карбонатной почвообразующей материнской породой имеют слабощелочную и щелочную реакции (pH = 7,5—8,2) и достаточное количество гумуса (21,9% в верхнем горизонте и 8—7% ниже по профилю). Гидролитическая кислотность низка, что указывает на насыщенность этих почв основаниями.

Такова морфологическая, физическая и химическая характеристика дерново-болотных торфяно-перегнойных почв.

Таблица 8

Агрохимические свойства дерново-болотной торфяно-перегнойной почвы
(аналитики В. Л. Гомзякова, А. И. Попова)

| Горизонт | Глубина взятия образца, см | pH | | Гумус, % | Азот | | Калий подвижный, мг/100 г | Фосфор | |
|----------------|-------------------------------------|---------|--------|----------|-----------------|------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------------|
| | | солевой | водный | | вало- вой, % | гидролиз., мг/100 г | | вало- вой, % | подвижный, мг/100 г |
| A ₀ | 3-0 | - | - | - | 1,03 | 23,56 | - | 0,12 | 8 |
| A ₁ | 0-12 | 6,48 | 7,52 | 21,90 | 0,64 | 8,39 | 7,20 | 0,08 | следи |
| B | 12-27 | 7,61 | 8,25 | 8,60 | 0,33 | 3,97 | 3,60 | 0,07 | следи |
| BC | 40-50 | 7,35 | 8,11 | 7,09 | 0,26 | 4,22 | 4,00 | 0,09 | следи |
| C | 90-100 | 7,00 | 7,70 | 7,09 | 0,31 | 7,50 | 4,00 | 0,26 | следи |

Из сказанного можно сделать вывод, что эти почвы благодаря большой мощности мелкоземистого горизонта, хорошим физическим свойствам, сравнительно удовлетворительному запасу питательных веществ и благоприятному местоположению должны быть вовлечены в сельскохозяйственное производство в первую очередь. Общая площадь их на исследуемой территории 12250 га. Из них можно освоить около 3000 га.

Другой разновидностью болотных почв являются болотные торфяно-перегнойные суглинисто-супесчаные, среднеспонные на аллювии. Они занимают надпойменную террасу р. Якокит (контуры 11 и 13); часть болотных торфяно-перегнойных почв находится в комплексе с дерново-подзолистыми на делювиально-аллювиальных отложениях (контур 13).

Надпойменная терраса, на которой расположены эти почвы, представляет собой заболоченное, сильно закороченное пространство, с возвышающимися песчаными островками, покрытыми дерновыми оподзоленными почвами. Вся терраса имеет как бы бугристо-западинный мезорельеф с реками и депрессиями. Депрессии заняты болотными торфяно-перегнойными почвами. Почвообразующей породой служат аллювиальные отложения.

Морфологическое строение и физико-химические свойства болотной торфяно-перегнойной почвы охарактеризованы на примере 116 разреза.

Разрез 116

Заложен в 300 м от пос. Якокит (на его восточной стороне, в нескольких метрах от колхозного огорода). Микрорельеф кочковатый.

Растительность: старая гарь (деревьев почти нет); кустарники (береза, ива, кассандра, багульник, спирея, моховка), кустарнички (брусника), травянистая растительность (осока, злаки, мхи).

Описание разреза: глубина 124 см. Почва от соляной кислоты не вскипает. Горизонты:

A, 0-5 (9) см, — влажный, темно-бурый, бесструктурный, торфяно-перегнойный, густо переплетен корнями растений, переходит в следующий горизонт ясно.

B, 5 (9)-60 см, — влажный, темно-серый со светло-бурыми пятнами, среднесуглинистый, комковатый, плитчатого сложения, слегка оглеенный, с ржавыми выцветами гидроокиси железа, слегка уплотненный, с редкими корнями растений, переходит в следующий горизонт ясно.

BC, 60-100 см, — влажный, пестроцветный (слои темно-серого легкого суглинка чередуются со слоями светло-бурого песка), бесструктурный, слегка уплотненный, переходит в следующий горизонт ясно.

C, 100-124 см, — влажный, светло-бурый песок с галькой, гальки около 80%.

Почва болотная торфяно-перегнойная, среднеспонная, развитая на аллювии.

Аналогичное строение имеют и два других разреза (56 и 85). Данные о механическом составе этих почв приведены в табл. 9 (разрез 116).

Таблица 9

Механический состав болотной торфяно-перегнойной почвы
(аналитик В. П. Покровская)

| Горизонт | Глубина взятия образца, см | Содержание фракций, % | | | | | | Сумма частей <0,01 | Название почвы по механическому составу |
|----------|-------------------------------------|-----------------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|--------|--------------------------|---|
| | | 1-0,25 | 0,25- 0,05 | 0,05- 0,01 | 0,01- 0,005 | 0,005- 0,001 | <0,001 | | |
| A | 0-9 | 19,90 | 21,00 | 24,70 | 7,50 | 9,70 | 17,20 | 34,40 | Среднесуглини- стая песчано-пы- леватая |
| B | 10-20 | 10,70 | 18,60 | 26,90 | 11,80 | 2,80 | 29,20 | 43,80 | Тяжелосуглини- стая песчано-пы- леватая |
| C | 30-40 | 12,90 | 2,90 | 56,00 | 8,00 | 7,90 | 12,30 | 28,20 | Легкосуглини- стая песчано-пы- леватая |

Данные табл. 9 показывают, что болотные торфяно-перегнойные почвы имеют суглинисто-супесчаный механический состав. Преобладающими фракциями в них являются пылеватая и песчаная. Почвы этого контура, расположенные к северу от магистрали (к устью реки), имеют более легкий механический состав, а к югу — более тяжелый.

Физические свойства этих почв (по разрезу 116) показаны в табл. 10.

Таблица 10

Физические свойства болотной торфяно-перегнойной среднеспонной суглинистой почвы

| Глубина, на которую велось опреде- ление, см | Абсолютная влажность в % к сухой навеске | Объемный вес | Удельный вес | Порозность общая в % | Влагоемкость в % к почве, высушен. при 105° | Максимальная гигроскопичность в % к почве, высушен. при 105° |
|---|--|-----------------|-----------------|-------------------------|--|---|
| 0-9 | 64,47 | 0,15 | 2,05 | 92,68 | 289,76 | 23,75 |
| 10-20 | 35,47 | 1,37 | 2,53 | 45,85 | 35,98 | 8,35 |
| 30-40 | 31,20 | 1,37 | 2,71 | 45,75 | 26,11 | 7,05 |
| 70-80 | 26,86 | 1,32 | 2,62 | 49,62 | 26,64 | 3,64 |

Водопроницаемость этих почв такова: за первый час 39,80 мм, за второй — 29,79 мм, за третий — 21,23 мм, за четвертый — 28,14 мм, за пятый — 25,57 мм, за шестой — 23,52 мм, т. е. за 6 час. — 168,05 мм.

В табл. 11 и 12 приводим данные химического анализа болотных торфяно-перегнойных почв (разрез 116).

Таблица 11

Агрохимические свойства болотной торфяно-перегнойной почвы

| Горизонт | Глубина взятия образца, см | pH | | Гумус, % | Азот | | C : N | Калий подвиж- ный, мг/100 г | Фосфор | |
|----------|-------------------------------------|---------|--------|----------|-----------------|-----------------------------|-------|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------|
| | | солевой | водный | | вало- вой, % | подвиж- ный, мг/100 г | | | вало- вой, % | подвиж- ный, мг/100 г |
| A | 0-9 | 6,24 | - | 44,98 | 1,02 | 11,29 | 25,58 | 19,95 | 0,31 | следи |
| B | 10-20 | 5,70 | 7,11 | 10,87 | 0,39 | 5,62 | 16,2 | 3,90 | 0,29 | 4 |
| BC | 30-40 | 6,11 | 6,88 | 6,80 | 0,39 | 5,33 | 10,1 | 3,80 | 0,39 | 6 |
| C | 70-80 | 6,26 | 7,21 | 3,10 | 0,10 | 4,52 | 18,0 | 3,60 | 0,40 | 4 |

Таблица 12
Состав обменных оснований в почве разреза 116
(аналитик Е. И. Черняк)

| Горизонт | Глубина взятия образца, см | Са ⁺⁺ в % м.л.-экв | Мг ⁺⁺ в % м.л.-экв | Сумма Са ⁺⁺ +Мг ⁺⁺ м.л.-экв |
|----------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|
| A | 0-9 | 1,2710 | 0,2378 | 83,37 |
| | | 63,55 | 19,82 | |
| B | 10-20 | 0,7040 | 0,1390 | 46,78 |
| | | 35,20 | 11,53 | |
| BC | 30-40 | 0,5743 | 0,1213 | 38,82 |
| | | 28,71 | 10,11 | |
| C | 70-80 | 0,2359 | 0,1051 | 20,55 |
| | | 11,79 | 8,76 | |

Как видим, по содержанию питательных веществ это самые богатые почвы долины р. Якокит (гумуса в них 10—44%, азота 0,39—1,02%, фосфора 0,3—0,4%). Подвижных форм азота, калия и фосфора немного (особенно мало фосфора).

Сумма обменных оснований высокая (20,55—83,37 м.л.-экв на 100 г почвы).

Болотные торфяно-перегнойные почвы должны осваиваться в первую очередь как лучшие в долине р. Якокит по своему местоположению, физическим и химическим свойствам. Они требуют несложной мелиорации — удаления кустарников, кочек и мохового покрова. Окультуривание изменяет их в лучшую сторону: мерзлота понижается до 1—2 м, усиливается минерализация торфа и улучшается структура.

Не случайно первые переселенцы сразу же начали осваивать именно эти почвы. Так появились болотные олуговелые суглинисто-супесчаные среднемощные и мощные (освоенные) почвы, на которых расположены поля колхоза «Третья пятилетка» (контур 14). Используются они здесь под пашни, луга и пастбища. Общая их площадь равна 375 га.

В табл. 13 приведены данные о высеваемых колхозом культурах, о получаемых урожаях.

Таблица 13
Урожай сельскохозяйственных культур, полученный колхозом «Третья пятилетка» на освоенных площадях

| Культуры | 1951 г. | | 1952 г. | | 1953 г. | | 1954 г. | |
|----------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | площадь, га | урожай, ц/га | площадь, га | урожай, ц/га | площадь, га | урожай, ц/га | площадь, га | урожай, ц/га |
| Озимая рожь | 15 | 5 | 10 | 4,8 | 6,8 | 6,8 | 1,8 | 2 |
| Ячмень | 4 | 10 | 5 | 1 | 5 | 3 | 7 | 1,83 |
| Овес (зелен.) | 4 | 109 | 5 | 5(м) | 3 | — | — | — |
| Картофель | 7 | 56 | 10 | 99 | 10 | 103 | 10 | 28,5 |
| Турнепс | 3 | 139 | 3 | 100 | 4 | 121 | 4 | 56,0 |
| Овощи (в т.ч. капуста) | 1,7 | 425 | 2 | 808 | 2 | 124 | 22 | 283 |
| Многолетние травы посева 1953 г. | — | — | — | — | — | — | 7 | 20 |
| » | — | — | — | — | — | — | 11 | 20 |

Как видно из табл. 13, урожай сельскохозяйственных культур в 1954 г. резко снизился. Это объясняется неблагоприятными климатическими

условиями лета 1954 г. Заморозки, наступившие 22 июля, сильно ослабили жизнеспособность многих растений, поэтому и урожай был получен очень низкий. Можно сделать вывод, что климатические условия данной местности для некоторых сельскохозяйственных культур неблагоприятны, особенно для картофеля. Ниже (табл. 14) приводим микроклиматические данные этого района (по [5]) и правильное, на наш взгляд, размещение сельскохозяйственных культур.

Таблица 14
Микроклиматические данные поперечного профиля долины р. Якокит

| Местоположение | Абс. высота местности, м | Группа морозоопасности | Микроклиматические различия по температурам на высоте 1,5 м°С | Длина безморозного периода, в днях | Сумма температур выше 10°С |
|---|--------------------------|------------------------|---|------------------------------------|----------------------------|
| Долина р. Якокит, большой полевой массив (60 га под пыреем) | 350 | 6 | -2,0 | 50 | 1172 |
| То же, лес | 350 | 6 | -2,0 | 50 | |
| То же, край леса | 350 | 6 | -2,0 | 50 | |
| То же, поселок | 350 | 6 | -0,8 | 58 | |
| Юго-вост. склон к р. Якокит, облесен. 8° | 420 | 4 | -0,4 | 61 | 1247 |
| Водораздел (относ. ровное место, облесен.) | 448 | 4 | 00 | 63 | 1320 |
| Южный склон, облесен. 5°, нижняя треть | 450 | 2 | +2,3 | 78 | 1330 |
| То же, верхняя часть | 530 | 3 | +1,4 | 72 | 1330 |
| Северный склон 3° облесен., нижняя треть | 450 | 6 | -2,2 | 48 | 1079 |
| Томмот (метстанция) | 283 | 4 | 00 | 63 | 1320 |
| Чульман | 664 | 2 | — | 58 | 1089 |
| Алдан | 682 | 1 | — | 99 | 1293 |
| Нагорный | 840 | 3 | — | 60 | 964 |

Из табл. 14 видно, что в климатическом отношении наиболее теплыми будут южные и юго-восточные склоны и водораздельные пространства, а самыми холодными — нижние трети северных склонов, а также долина р. Якокит. Последнее объясняется тем, что солнечной радиации на единицу поверхности северного склона приходится меньше и значительное количество ее расходуется на таяние мерзлого грунта. А выхолаживание долины объясняется заполнением ее холодным воздухом, поступающим со склонов, и плохими условиями обмена воздуха. Это нужно иметь в виду при размещении сельскохозяйственных угодий. Поля надо размещать перпендикулярно к направлению холодных потоков воздуха, т. е. перпендикулярно к долине реки, причем между ними оставлять лесные полосы шириной 50—60 м.

Таким образом, учитывая микроклиматические условия исследованной территории, мы рекомендуем следующее размещение культур: в долине р. Якокит и на северных склонах — капуста, травы, овес и ячмень на зеленку; на водораздельных пространствах, юго-восточных и южных склонах — картофель, овес, ячмень, озимая рожь.

Выводы

1. Горные нейтральные (бывшие подзолистые) почвы образуются в самой высокой зоне и характеризуются оторфованностью органического вещества, суглинистым механическим составом. Из них в сельском хозяйстве выборочно могут быть использованы только горные нейтраль-

ные суглинистые мощные и среднемощные. При освоении их необходимо раскорчевать тайгу, удалить крупные камни, глубоко разрыхлить почву и внести органические минеральные удобрения. Лучше всего эти почвы использовать под картофель.

2. Горные дерново-лесные палевые почвы формируются на продуктах выветривания карбонатных пород и отличаются от предыдущих перегнойно-гумусовым характером органического вещества и тяжелосуглинистым механическим составом. Из них могут быть использованы дерново-лесные палевые среднемощные и мощные, расположенные на пологих склонах. При освоении также необходимы корчевка, удаление щебня и внесение органических и минеральных удобрений. Эти почвы лучше использовать под картофель и овощи.

3. Дерново-болотные торфяно-перегнойные почвы занимают всю долину реки и являются наиболее плодородными, но в то же время холодными. Мерзлота не опускается ниже 50—60 см. Освоение изменяет эти почвы в лучшую сторону: мерзлота понижается, торфяно-перегнойный горизонт минерализуется, и почвы превращаются в олуговелье. При освоении их необходимо удаление кустарников, кочек и мохового покрова. Мы рекомендуем осваивать эти почвы под луга и посадку капусты. При выборе участков под освоение необходимо учитывать влияние позднеосенних и раннеосенних заморозков.

4. Расположенные на исследованной территории дерново-подзолистые почвы на делювиально-аллювиальных отложениях и дерново-лесные аллювиальные занимают надпойменную и пойменные террасы. По своим морфологическим свойствам и местоположению они могут быть вовлечены в сельское хозяйство, но в силу их низкого плодородия и наличия лучших почв мы не рекомендуем их осваивать.

Таким образом, из всего сказанного можно сделать вывод, что на исследованной территории имеются большие массивы земель, пригодных для земледелия.

Якутский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
28/1 1958

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Куклин, И. П. Герасимов, Почвы горных районов Южной Якутии. Рукопись, фонды почв. ин-та АН СССР.
2. В. Г. Зольников, Почвы восточной половины Центральной Якутии и их использование. Мат. о природных усл. и сельском хоз. Якутии. Изд. АН СССР, 1954.
3. В. Г. Зольников, Почвы Олекминского и Ленского районов. Мат. о природных усл. и сельском хоз. юго-запада Якутской АССР. Изд. АН СССР, 1957.
4. В. Г. Зольников, За рациональное использование земель в сельском хозяйстве Центральной Якутии. ЯГИЗ, 1954.
5. А. Т. Никифорова, Микроклимат территории среднего течения р. Якокит Алданского района ЯАССР (рукопись, фонды ЯФАН СССР).

А. В. СМЕРНОВ

«ОСТРОВА» СОСНЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНОГО САЯНА

Сосновые леса широко распространены в предгорных районах Восточного Саяна. Здесь они являются преобладающей лесной формацией. Бассейны нижнего течения притоков Ангары — рек Бирюса, Уда (Чуна), Ока, Ия, Белая, Китой и Иркут — заняты сосновыми лесами, располагающимися здесь на участках с абсолютными высотами в среднем не выше 700—800 м.

С повышением абсолютных высот местности при движении в глубь Восточного Саяна роль основной лесной формации переходит к кедровым и лиственничным лесам. Площадь, занятая сосновыми лесами, постепенно сокращается, эти леса затем выклиниваются и встречаются только отдельными «островами» среди массивов кедровых и лиственничных лесов.

Потребность в сосновой древесине в горных районах Восточного Саяна велика и будет возрастать. Поэтому важно изучить рост сосны, ее возобновление, возможности внедрения этой древесной породы в глубь Саяна.

Вопрос этот представляет и теоретический интерес: его разрешение позволит выяснить причины, ограничивающие распространение сосны в лесах горных районов Восточной Сибири, занятых кедровниками и лиственничниками.

В литературе имеются данные о вытеснении в определенных условиях сосновыми лесами темнохвойной тайги в Приангарье [1—3] и лиственничных лесов в Приангарье и Лено-Вилуйской равнине [4—6].

Для района Восточного Саяна сведений о взаимоотношениях этих пород очень мало. Леса Восточного Саяна вообще изучены довольно слабо. В литературе есть некоторые материалы, характеризующие леса и растительность западной части Восточного Саяна [7, 8] и восточной [9—12], но для центральной части (район рек Уда и Бирюса) подобных сведений почти нет.

Материалом для статьи послужили наблюдения за ростом и естественным возобновлением сосны на отдельных изолированных участках, «островах» сосны, проведенные нами в экспедициях Восточно-Сибирского филиала АН СССР в 1955—1956 гг. «Островами» сосны мы называем здесь не только лесные выделы с преобладанием сосны, но и участки леса, где доля ее невелика, даже если несколько десятков деревьев вкраплено в древесной другой древесной породы, например кедра (участок 4, см. ниже). По площади «острова» незначительны, наибольшую имеет участок 1 (несколько сотен гектаров), другие занимают по несколько гектаров. Всего было изучено четыре участка, расположенных в бассейнах рек Уда и Бирюса (рис. 1).

Участок 1 расположен по правому берегу р. Енза, притоку р. Гутара, на крутых склонах южной, юго-западной и юго-восточной экспозиций. Почвы этого участка дерново-карбонатные интенсивно черной окраски,

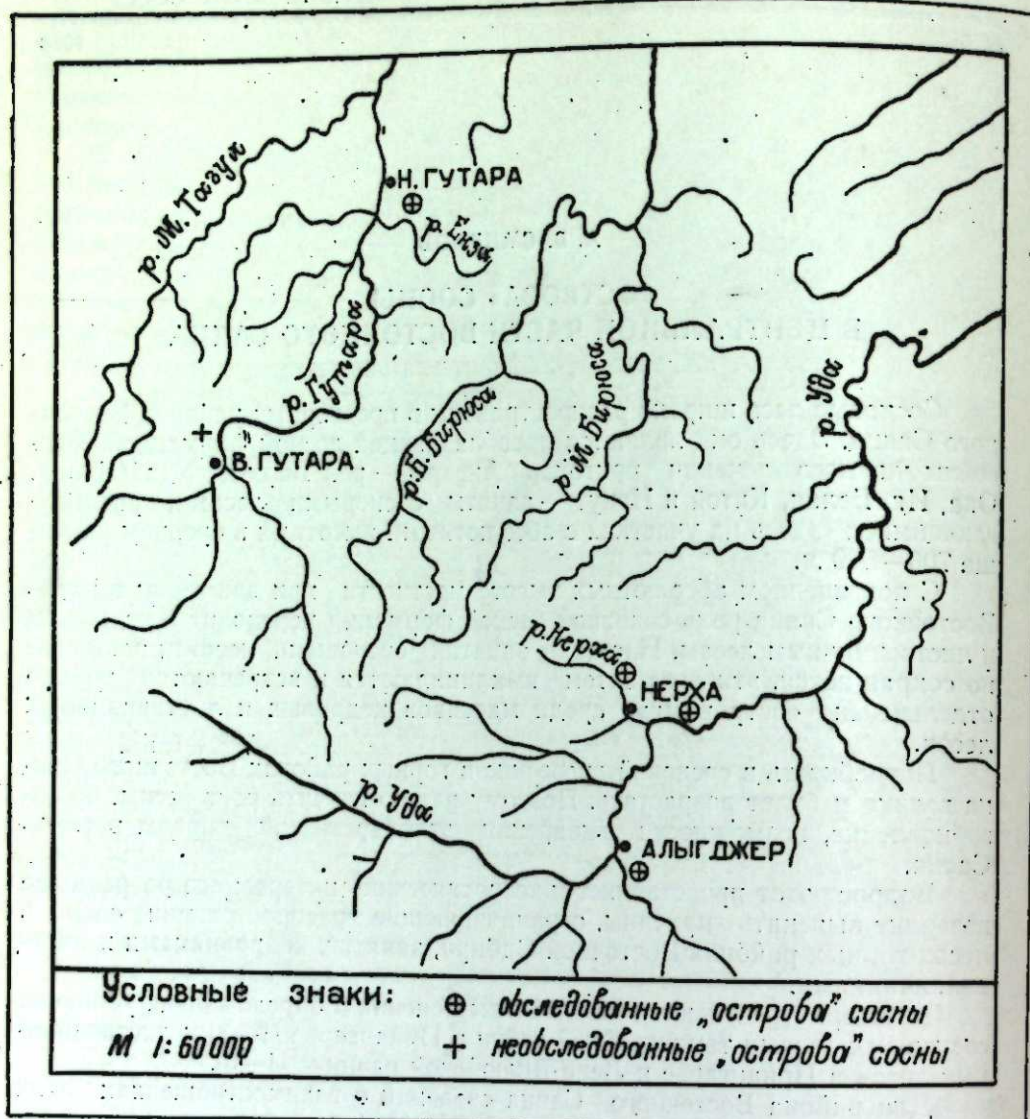


Рис. 1. Схема расположения «островов» сосны в бассейне рек Уда и Бирюса.

мощностью 30—40 см, на мраморах. Мощность почв сильно варьирует, нередки выходы на поверхность материнской горной породы.

Тип леса — сосняк разнотравный (рис. 2). Состав древостоя 7С2Л1К + БОС; полнота 0,6, бонитет III, запас 250 м³. Возраст деревьев различен. В древостое имеются три поколения сосны, значительно различающиеся по возрасту. Первое, старшее поколение, представленное небольшим числом деревьев (5% от всех деревьев в древостое), имеет возраст 200—220 лет. Второе, к которому относится большая часть деревьев, — 130—150 лет. Третье поколение представлено сравнительно молодыми деревьями (70—99 лет), которых также немного. Деревья лиственницы имеют возраст такой же, как и второе поколение сосны. Кедр представлен деревьями самого различного возраста, однако экземпляров старше 120 лет (при диаметре 24 см) не отмечено, тогда как повсюду встречаются сосны значительно старшего возраста (до 220 лет) при диаметре 68—72 см. Молодые экземпляры кедра, диаметром меньше 10 см, усохли от пожара 1955 г.

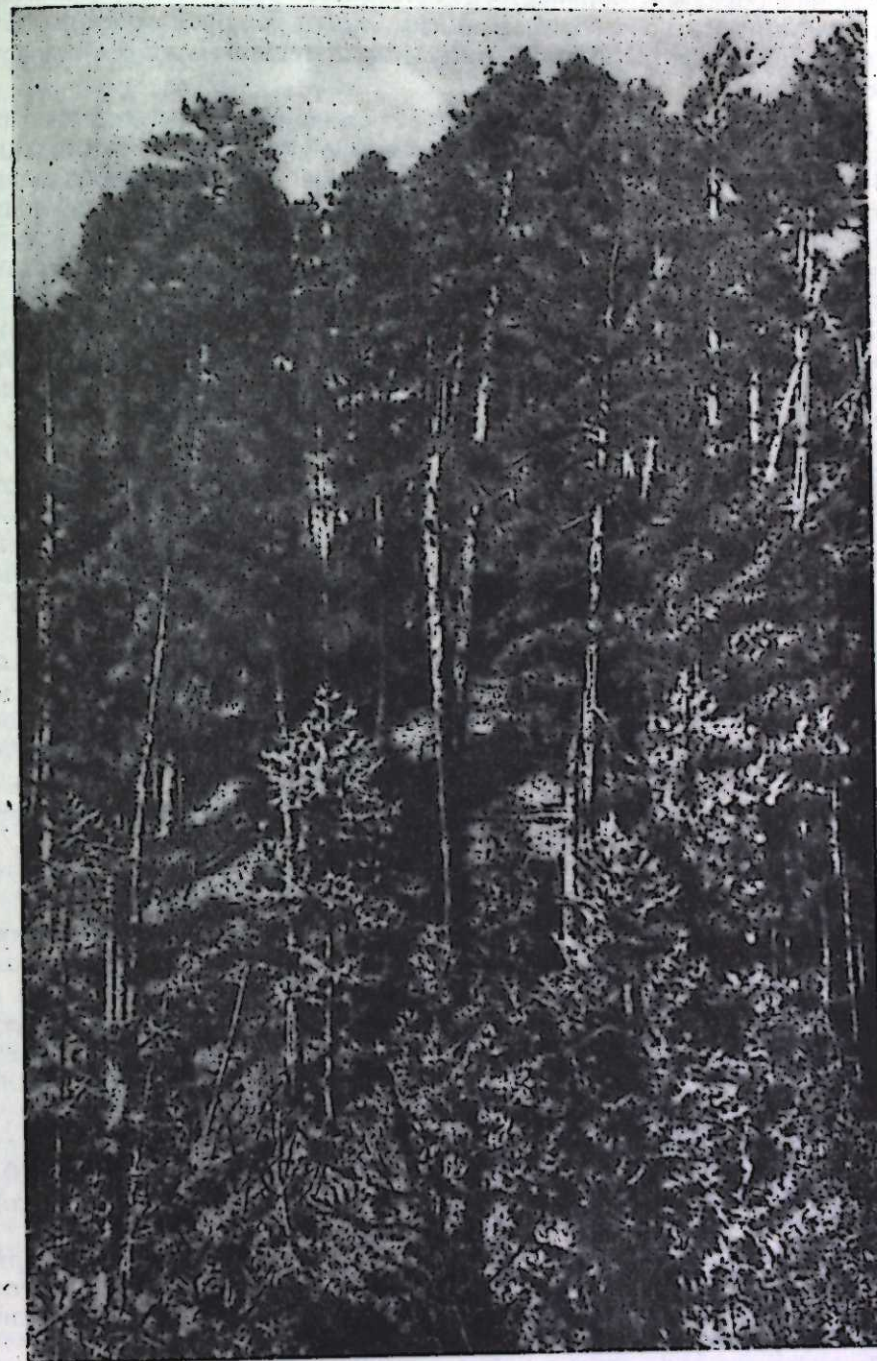


Рис. 2. Сосняк разнотравный по р. Енза.

Подлесок не образует сомкнутого покрова, состоит из отдельных кустов шиповника, ивы козьей, спиреи, кизильника и рябины. Живой напочвенный покров представлен разнообразной травянистой растительностью. Фон образуют: *Calamagrostis obtusata* Trin., *Carex globularis* L., *Rubus saxatilis* L., *Vicia cracca* L., *Vicia injuga* A. Br., *Solidago virga aurea* L., *Thalictrum foetidum* L., *Heracleum dissectum* Ledeb. Мхи почти не встречаются.

В составе возобновления преобладает сосна (1—2 тыс. деревьев возраста 3—4 лет на 1 га). В меньшей доле к ней примешана лиственница (200—300 деревьев на 1 га). Некоторое участие в составе возобновления принимает и кедр. Незначительное количество подроста и его небольшой возраст объясняются действием пожара, охватившего этот участок леса 5 лет назад. Пожар уничтожил подрост и создал условия для разрастания вейника, мешающего возобновлению сосны и лиственницы.

Участок 2 расположен на очень пологом склоне южной экспозиции на левом берегу р. Уда в 3 км ниже впадения в нее р. Нерха. Почвы на этом участке супесчаные темно-бурого цвета, мощностью 35—40 см, подстилаемые галькой, перемешанной с песком. Галька встречается и выше, по всему профилю почвы.

Тип леса — лиственничник разнотравно-брусничный. Состав древостоя 8Л1Б1С, полнота 0,5, бонитет III. Сосны имеют различный возраст: деревьям старшего поколения 180—200 лет и больше, второго поколения — 80—90 лет. Около материнских деревьев имеется многочисленное возобновление сосны и березы хорошего роста. Возобновление лиственницы отсутствует. Последний пожар был около 8 лет назад.

Подлесок состоит из отдельных экземпляров *Rosa acicularis* Lindl., *Lonicera Coerulea* L. Травяной покров — в основном из следующих видов: *Vaccinium vitis idaea* L., *Rubus saxatilis* L., *Geranium pseudosibiricum* I. Meg., *Vaccinium uliginosum* L., *Calamagrostis obtusata* Trin., *Galium boreale* L. Моховой покров отсутствует.

Участок 3 занимает пологий южный склон по левому берегу р. Нерха в 5 км от ее устья. Почвы такие же, что и на участке 2.

Тип леса — сосняк разнотравно-брусничный. Состав древостоя 4С4Л2Б, полнота 0,6, бонитет III. Возраст деревьев 80—130 лет.

В подлеске — *Rhododendron dahuricum* L. Живой напочвенный покров богатый, сложен в основном: *Calamagrostis obtusata* Trin., *Rubus saxatilis* L., *Vaccinium vitis idaea* L., *Geranium pseudosibiricum* I. Meg. и др.

Последний пожар был за год до обследования. Возобновление после пожара частично сохранилось и в настоящее время достигает 3—4 тыс. деревьев, сосны на 1 га и 2—3 тыс. деревьев лиственницы при среднем возрасте 15—20 лет.

Участок 4 расположен на плоской вершине водораздела близ пос. Алыгджер по левому берегу р. Уда. Абсолютная высота около 1300 м. Почвы слабоподзоленные, суглинистые, маломощные. Часты выходы на поверхность материнской горной породы.

Тип леса — кедровик мшистый. Состав древостоя 10К + Л, полнота 0,5, бонитет IV. Древостой кедровый составлен деревьями различных возрастов, которые нельзя объединить в отдельные возрастные группы. Старшим деревьям 80—100 лет.

Подлесок представлен единичными экземплярами *Lonicera coerulea* L., *Sorbus aucuparia* L. Живой напочвенный покров состоит в основном из мхов *Pleurozium Schreberi* (Willd.) Mitt., *Ptilium crista castrensis* (L.) de Not., к которым примешаны в небольшой доле *Vaccinium vitis idaea* L., *Linnaea borealis* L., *Ledum palustre* L.

Деревья сосны встречаются в древостое кедрового отдельными экземп-

лярами. Они отличаются плохим ростом в высоту, позволяющим все сосны этого участка отнести к V бонитету. Деревья располагаются на участках с менее развитым моховым покровом и выходами на поверхность почвы материнских горных пород.

Несмотря на то, что отдельные сосны уже имели шишки и несколько шишек было найдено на земле, самосев сосны обнаружить вблизи этих деревьев не удалось.

Кроме изученных четырех участков, небольшой «остров» сосны имеется вблизи пос. В. Гутара (см. рис. 1), однако посетить его нам не удалось.

Рассматривая в целом условия существования сосны в изолированных «островах» ее в горах Восточного Саяна, следует отметить, что почти все «острова» приурочены к широким долинам рек, причем обычно располагаются на склонах южных экспозиций с карбонатными почвами легкого механического состава. В таких условиях сосна отличается хорошим ростом в высоту и по диаметру (бонитет III). В возрасте 200 лет сосна еще продолжает расти в высоту.

Таким образом, в крайних точках своего распространения в горах Восточного Саяна сосна не испытывает какого-либо угнетения, столь обычного для любой древесной породы на границах ее распространения. Наоборот, рост сосны здесь в большинстве случаев мало чем отличается от роста ее в области самого широкого распространения в Приангарье, где преобладающим классом бонитета является III. Исключение составляют лишь участки, занятые кедровыми лесами водоразделов с суглинистыми почвами на кристаллических породах (участок 4). Здесь рост сосны угнетен длительным промерзанием почвы и медленным ее оттаиванием из-за толстого слоя мохового покрова.

На всех участках, за исключением четвертого, наблюдается достаточное плодоношение сосны, которое может обеспечить семенами удовлетворительное естественное возобновление. В этом убеждает ход возобновительного процесса на участках 1, 2 и 3.

Данные участка 1 свидетельствуют о том, что самосев сосны, несмотря на гибель его от пожара, вскоре появляется снова, превосходя по количеству подрост других древесных пород. На участках 2 и 3, где сохранился подрост значительного возраста (20—25 лет), можно видеть, что рост подроста в высоту происходит успешно.

Следует оговориться, что общее количество подроста во всех случаях не было таким большим (20—100 тыс. деревьев на 1 га), как нередко в сосняках предгорной части Восточного Саяна. Однако это можно объяснить тем, что нами были изучены участки леса, в большинстве своем подвергшиеся неоднократным пожарам, уничтожавшим естественное возобновление сосны. Пожары обусловили также усыхание части деревьев, что повлекло за собой резкое разрежение древостоя и, как следствие, сильное разрастание злаков, в частности вейника, известного своим неблагоприятным действием на ход естественного возобновления леса.

Рассматривая расположение в редкостойных лиственничниках отдельных деревьев сосны, отстоящих друг от друга иногда на 0,5—1,0 км, можно объяснить их появление разносом семян ветром. Новейшие данные показывают, что в условиях Сибири разнос семян ветром может идти на значительно большее расстояние, чем это было установлено для Европейской части Советского Союза [13]. Если в условиях Европейской части СССР такое расстояние в среднем принималось равным 100—150 м, то в Сибири оно увеличивается до 200—250 м [14]. Возможно, в горных районах Восточной Сибири это расстояние еще больше.

Однако наличие отдельных «островков» сосны, удаленных друг от

друга на значительно большие расстояния, объяснить разносом семян ветром нельзя. Естественно поэтому предположить, что «островки» сосны в Восточном Саяне являются реликтами более широко распространенных здесь ранее сосновых лесов.

Подобное предположение вполне согласуется с данными Г. В. Крылова [15], который отмечает ряд островных боров предгорий Алтая, Салаира, Кузнецкого Алатау и других мест Западной и частично Восточной Сибири, считая их «реликтами некогда бывшего здесь сплошного пояса предгорных сосняков». Подтверждением сказанному выше могут служить данные Г. А. Бескrestновой [16], которая обнаружила в травяном покрове островных боров Салаира, Кузнецкого Алатау и предгорий Алтая много реликтовых видов растений.

В пользу того, что сосна раньше была шире распространена в Восточном Саяне, говорит довольно частая встречаемость старых обгорелых сосновых пней среди некоторых участков лиственничных и лиственнично-кедровых лесов. Несколько таких пней от старых сосен, возраста 200—250 лет, можно было видеть еще совсем недавно близ пос. Алыгджер, неподалеку от участка 4. Теперь этих сосен нет, они вырублены, и пни выкорчеваны для добывания смолы.

На последнем участке для сосны условия оказываются пока менее благоприятными и рост ее угнетен из-за длительного промерзания почвы и слабого прогревания ее под моховым покровом; сосны, которые росли на участках с разнотравным покровом в 3 км от участка 4, отличались значительно лучшим ростом в высоту (по устному сообщению П. П. Саломатова). Но наличие мерзлоты не является непреодолимым препятствием для сосны. Как отмечал еще В. Н. Сукачев [17], сосна в Сибири приспособилась к своеобразным почвенно-климатическим условиям и вполне удовлетворительно растет на мерзлоте.

Сравнивая возобновление сосны и лиственницы на рассматриваемых участках, можно отметить, что возобновление лиственницы по количеству значительно меньше, чем сосны, несмотря на одинаковое число семенных деревьев в древостое (участок 3) и даже преобладание деревьев лиственницы (участок 2). Это мы объясняем значительной повреждаемостью семян лиственницы энтомофагами. Шишки лиственницы, взятые нами для исследования в редкостойных лиственничниках этих участков, имели семена большей частью поврежденные лиственничной мухой, что вполне согласуется с данными, которые указываются Д. Н. Флоровым [18].

Таким образом, наличие хорошо развитого естественного возобновления сосны в сосновых «островах», отдельные экземпляры которой встречаются далеко за пределами «островов», удовлетворительный рост взрослых деревьев ее в таких местах и наличие высоковозрастных деревьев (до 200 лет) без признаков угнетения или усыхания заставляют нас думать, что в настоящее время угнетения или усыхания отдельных частей Восточного Саяна имеются условия для удовлетворительного существования сосны.

Территории, где прежде всего наблюдаются «острова» сосны, тяготеют к широким долинам рек (Уда, Бирюса, Гутара) с пониженным количеством осадков и характеризуются хорошей прогреваемостью склонов (южные склоны), легким механическим составом почв (пески, супеси) и в отдельных случаях присутствием в почвах извести. В этих условиях при наличии семян сосны конкурентные соотношения между лиственницей, кедром и сосной могут складываться в пользу последней.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Криштофович, Растительность Око-Ангарского края. Предварит. отчет о ботан. исслед. в 1910 г., Спб, 1911.
2. А. Н. Криштофович, Очерк растительности Око-Ангарского края. Тр. почвенно-ботанич. эксп., ч. II, вып. 3, 1913.
3. Я. Я. Васильев, Леса и лесовозобновление в районе Братска, Илимска и Усть-Кута. Ангарская лесн. эксп. 1931 г., ч. 1, 1933.
4. Г. А. Боровиков, Растительность Западного Заангарья. Предварит. отчет о ботан. исслед. в 1910 г., Спб, 1911.
5. Г. А. Боровиков, Очерк растительности Западного Заангарья. Тр. почвенно-ботанич. эксп., ч. II, вып. 5, 1913.
6. Р. И. Аболин, Геоботаническое и почвенное описание Лено-Вилуйской равнины. Тр. комиссии по изуч. ЯАССР, 1929.
7. А. В. Куминова, Растительность Кизиро-Казырского междуречья. Изв. ЗСФАН СССР, т. 1, вып. 1, 1946.
8. В. В. Ревердатто, Саянская ботаническая экспедиция 1928 года. Мат. по изуч. Сибири, т. 3, 1931.
9. Г. И. Галазий, Вертикальный предел древесной растительности в горах Восточной Сибири и его динамика. Тр. ботанич. ин-та им. В. Л. Комарова АН СССР, сер. III (геоботаника), вып. 9, 1954.
10. М. И. Назаров, Очерк растительности Окинского края в Восточном Саяне. Изв. Гос. географ. об-ва, т. 67, вып. 1, 1935.
11. В. А. Поварницын, Леса и лесовозобновление в бассейне р. Б. Белой в Восточных Саянах. Ангарская лесн. эксп. 1931 г., вып. 7, 1934.
12. В. И. Смирнов, Краткий очерк растительности окрестностей курорта Аршан. Изв. биолого-географ. ин-та при Иркутском гос. ун-те, т. 6, вып. 2, 1935.
13. М. Е. Ткаченко, Общее лесоводство, М., 1952.
14. Г. В. Крылов, Возобновление леса на концентрированных лесосеках и системы рубок в лесах Западной Сибири. Научн. докл. третьей Зап.-Сиб. конфер. ВНИТОЛЕС. Новосибирск, 1954.
15. Г. В. Крылов, Сохраним и умножим лесные богатства Сибири. «Природа», № 3, 1957.
16. Г. А. Бескrestнова, Растительность островных боров Западной Сибири. Тр. по лесн. хоз., вып. 2, Изд. ЗСФАН СССР, Новосибирск, 1955.
17. В. Н. Сукачев, Растительность верхней части бассейна р. Тунгира Олекминского округа Якутской области. Тр. Амурской эксп., 1912.
18. Д. Н. Флоров, Насекомые — вредители шишек и семян хвойных пород, 1951.

А. В. РОНГИНСКАЯ

ФОРМООБРАЗУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ
НА КОРНЕВЫЕ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ ОРОШАЕМЫХ ЦЕНОЗОВ
ЧУЙСКОЙ СТЕПИ

В 1955—1957 гг. на оросительной системе Кара-Тюргунь в высокогорной Чуйской степи нами были проведены исследования влияния орошения на степной травостой. Местность, где велась работа, имеет значительную высоту над уровнем моря (1900 м) и замкнута горными хребтами, что обуславливает резко континентальный климат ее. Низкие температуры, ограниченный период вегетации, незначительное количество выпадающих осадков, а следовательно, и крайне суровый режим влажности корнеобитаемых горизонтов почвы не благоприятствуют формированию луговых фитоценозов. Значительные площади заняты здесь ассоциациями опустыненных степей, приуроченных к плоским междуречьям с щебнистыми светло-каштановыми почвами, подстиланными галечниковыми наносами, под которыми отсутствует вечная мерзлота или уровень ее очень глубок. И только по узким приречным полосам, ежегодно заливаемым полыми водами, распространены луга с преобладанием осоки безжилковой *Carex enervis*.

Несмотря на то, что площади луговой растительности здесь незначительны, роль ее в кормовом балансе района велика, так как луга являются единственным сенокосным фондом. Но при ведущей роли животноводства в этой местности запас грубых кормов недостаточен даже для подкормки при круглогодовом выпасе скота. Расширение луговых угодий возможно здесь только в результате орошения. Лучшие условия водного режима почв способствуют смене степных растительных группировок луговыми; процесс олуговения означает насыщение травостоя видами, увеличение его густоты, а следовательно, и производительности.

В условиях сухого климата Чуйской степи водный режим почв определяет характер растительности, густоту травостоя, его производительность и сезонную ритмику. Фитоценозы, развивающиеся на участках различной степени увлажнения, отличаются и по типу корневых систем слагающих их растений.

В настоящее время имеется довольно обширная литература по корневым системам как отдельных растений, так и целых фитоценозов. Многими исследователями установлено, что факторы, от которых зависит распределение массы корней растений в различных географических зонах, неодинаковы. В лесной и степной зонах определяющими являются физические свойства почв и содержание в них питательных веществ (1—3 и др.), а в жарких пустынях — недостаток воды в почвах [4, 5 и др.].

Много работ посвящено изучению влияния влажности почв на рост корней. По этому вопросу различные авторы пришли к противоречивым выводам. Только И. В. Красовской [6] удалось экспериментально доказать, что как недостаток, так и избыток влаги отрицательно влияют на рост корней. Изучением интенсивности развития корневых систем в со-

обществах альпийских лугов, лесов, болот, кустарников Кавказа занималась И. Н. Бейдеман [7].

Влияние орошения на характер корневых систем растений почти не исследовалось. Нам известна только работа Н. В. Орловского и А. Л. Афанасьевой [1]. Авторы изучали корневые системы культурных растений и некоторых дикорастущих многолетников каштановой зоны при поливе и без него. Они отмечают, что каждое растение по-своему реагировало на полив. У большинства под влиянием орошения происходило усиленное развитие вторичных корней в поверхностных горизонтах почвы, редко орошение способствовало увеличению глубины проникновения корней.

Основной задачей нашего исследования было выяснение путей изменения степного травостоя Чуйской степи под влиянием орошения. Одновременно с изучением экологической обстановки, динамики роста и развития надземной массы, способов возобновления фитоценозов фенологическими наблюдениями мы проводили исследования корневых систем (характер ветвления, глубина проникновения, общая масса) с тем, чтобы выявить экологическую и ценогическую сущность как отдельных видов; так и целых ценозов, определить влияние влажности почв на развитие подземных частей корней. Объектом исследования служили злаково-осоковые и осоковые орошаемые луга, возникшие на месте степей под влиянием поливов, осоковые кочковатые луга избыточного увлажнения по берегам рек Кара-Су и Кара-Тюргунь, осоковые луга естественного увлажнения по берегам рек Кокаря и Чуя (по составу подобные орошаемым, но отличающиеся от них характером увлажнения), осочковые степи с *Carex duriuscula*, сохранившиеся по восточному краю оросительной системы (самому отдаленному от источника орошения), куда вода по оросителям не попадает и часто эта площадь совсем не поливается.

В полевой работе применяли траншейный метод, известный в литературе под названием метода Вевера (Weavera). На участках осокового орошаемого луга и осокового кочковатого избыточного увлажнения выкапывали траншею глубиной до грунтовых вод, на других — до 1 м глубиной (пока видны были корни на разрезе). Длина траншей была несколько больше 1 м. Одну из вертикальных стенок выравнивали, снимали с нее слой почвы в 10 см, осторожно освобождая корни, накладывали металлическую сетку с ячейками 10 × 10 см и зарисовывали расположение корней по почвенным горизонтам. Провели и количественное определение массы корней по методу Н. А. Качинского [8]. Образцы размером 1 м × 10 см × 10 см послойно снимали и отмывали на почвенном сите с отверстиями в 0,25 мм, предварительно срезав под корень травостой и удалив опад с поверхности почвы. Работу проводили в период цветения растений-эдикаторов (в июле). Для участков на оросительной системе повторность взятия образцов была трехкратной, на лугах непольваемых — однократной. Корни и надземная масса взвешены в воздушно-сухом состоянии.

Распределение массы корней рассматривали как общий признак, дающий суммарное представление об экологическом влиянии влажности почв на развитие корневых систем.

Низкотравные осочковые степи с *Carex duriuscula* в пределах оросительной системы Кара-Тюргунь занимают площадь около 3—5 га. По данным опроса местного населения и по данным определения возрастного состава популяций многолетних луговых растений в ассоциациях злаково-осоковых и осоковых поливных лугов, степи до полива были более распространенной формацией в урочище Кара-Тюргунь.

Травостой степей состоит из осочки твердой *Carex duriuscula*, в небольшом количестве встречаются другие травянистые многолетники:

лапчатка двулопастная *Potentilla bifurca*, одуванчик бессарабский *Taraxacum bessarabicum*, полынь сизая *Artemisia glauca*, отдельные экземпляры мятлики тибетского *Poa tibetica*. По морфологическому строению виды, слагающие ассоциацию, представлены корневыми (осока твердоватая, лапчатка двулопастная, полынь сизая) и стержнекорневыми (одуванчик бессарабский) формами. Отрастание начинается сразу после оттаивания почвы, и к концу мая уже зеленый травостой на 55—60% прикрывает почву (задернованность 1,5—2%).

Под осочковой растительностью — аллювиальные слоистые почвы на галечнике*, с поверхности до глубины 12 см вскипающие с соляной кислотой.

Горизонт А, 0—4 см, — дернина с многочисленными корнями, буровато-серый, пылеватый, довольно плотный; I слой, 4—12 см (11 см), — сизоватый с ржавыми пятнами, по механическому составу — супесь; II, до 18 см, — такой же, но более ржавый, пятен больше, мелкий суглинок; III, 18—21 см, — аналогичен I; IV, 21—28 см, — аналогичен II; V, 28—34 см (до галечника), — темный, буроватый, погребенный горизонт с обильными корнями. Ниже — галька с небольшой примесью песка и корней.

Эти почвы характеризуются сравнительно низкой влагоемкостью (38,88%) и высокой фильтрационной способностью (2,08 л/сек на 1 м²).

Высокая солнечная радиация обуславливает высокие температуры на поверхности почвы и сравнительно быстрое прогревание ее верхних слоев. Характерной особенностью температурного режима почв являются очень большие амплитуды как крайних температур в течение суток, так и средних за вегетационный период. Резкие температурные колебания наблюдаются во всем 20-сантиметровом слое. Режим влажности почвы очень суров, так что даже степная растительность не может продолжать вегетацию в течение всего вегетационного периода. В конце июня — в июле осочковые степи выгорают. Отрастание начинается только в августе, когда идут дожди.

Приспособленность растений к условиям ограниченного водоснабжения исключительно ярко проявляется во всей биологии их развития. Часто растения почти не плодоносят (например, в 1956 г.), отличаются высокой способностью к вегетативному размножению. Мощно развитые корневые системы растений проникают на довольно значительную глубину. Мало разветвленный, покрытый толстой корой корень лапчатки двулопастной достигает длины 1,75 м, которая превышает высоту надземных частей в 35—40 раз. Тонкие корни осоки твердоватой распространяются в почве до глубины 85—90 см. В характере корневых систем лапчатки и осоки проявляется и различие их биологии. Первая за счет глубоко идущей корневой системы использует воду нижних горизонтов почвы, вторая поглощает воду верхнего слоя почвы, и ее наиболее интенсивный рост и развитие приурочены к первой половине лета.

Основная масса корневых систем в осочковой степи находится в слое почвы до глубины 40 см, причем на почвенном разрезе особенно выделяются два слоя с преобладанием корней: 0—10 см и 30—40 см (в погребенном горизонте); это подтверждают и образцы корней.

Распределение массы корней по горизонтам почвы осочковой степи дано в табл. 1.

Таким образом, степные растения, произрастающие в условиях неустойчивого водного режима на почвах с глубоким уровнем грунтовых вод (около 2 м), имеют мощно развитые корневые системы, масса которых превышает массу надземных частей в 200—230 раз. Значительная часть

* Описание почвенных разностей сделано Н. В. Орловским.

Таблица 1

Распределение массы корней по почвенным горизонтам исследованных ассоциаций

| Название ассоциаций | Повторные опыты | Вес надземной массы, в % сухой вес | Вес корней в % с глубины в см | | | | | | | | | | Общий вес корней в % | Отношение веса корней к весу надземной массы |
|--|-----------------|------------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|----------------------|--|
| | | | 0—10 | 10—20 | 20—30 | 30—40 | 40—50 | 50—60 | 60—70 | 70—80 | 80—90 | 90—100 | | |
| Осочковая степь | 1 | 5,5 | 349 | 277 | 29,6 | 12,6 | 8,6 | 7,56 | 1,45 | 1,76 | 7,02 | 1,51 | 1239,57 | 250:1 |
| | 2 | 4,6 | 337 | 246 | 31,4 | 15 | 10,05 | 7,4 | 2,05 | 3 | — | 1154,9 | | |
| | 3 | 4,2 | 351 | 246 | 18 | 14,52 | 9 | 6,1 | 1,03 | 1,02 | — | 1132,67 | | |
| Среднее Злаково-осоковый орошаемый луг | 1 | 4,7 | 346 | 257 | 26,3 | 14,01 | 9,22 | 7,02 | 1,93 | — | — | 1177,02 | 18:1 | |
| | 2 | 5,4 | 431 | 43,5 | 22 | 15 | 8,2 | 3,77 | — | — | — | 975,47 | | |
| | 3 | 5,7 | 431 | 61,3 | 19,2 | 11,47 | 3,45 | 4,12 | — | — | — | 1056,54 | | |
| Среднее Осоковый орошаемый луг | 1 | 58,4 | 424 | 52 | 24,42 | 13,46 | 6,88 | 4,43 | — | — | — | 1022,19 | 25:1 | |
| | 2 | 37,6 | 484 | 50 | 13,46 | 13,2 | — | — | — | — | — | 1067,66 | | |
| | 3 | 49,6 | 473 | 67 | 11,07 | 9,73 | — | — | — | — | — | 1065,70 | | |
| Среднее Осоковый неорошаемый луг (сенокос) | 1 | 43,4 | 479 | 58 | 12,89 | 10,7 | — | — | — | — | — | 1060,59 | 26:1 | |
| | 1 | 45 | 427 | 71 | 46,3 | 27,4 | 9,3 | 7,29 | — | — | — | 1175,29 | | |
| Осоковый неорошаемый луг (пастбище) | 1 | 24 | 421 | 208 | 91 | 36 | — | — | — | — | — | 1482 | 62:1 | |
| | 1 | 41,88 | 486+866* | 253 | 87 | — | — | — | — | — | — | 3076 | | |

* Цифра со штрихом (486) указывает на весовое количество корней в кочках.

деятельных корней располагается в верхних слоях почвы, быстро используя осадки.

Злаково-осоковые орошаемые луга составляют 25—30% площади оросительной системы (около 120—150 га). Развиваются они на лугово-болотной, глееватой, солончаковатой почве, слабозернистой с соляной кислотой с поверхности до 18—20 см и близко подстилающей галечниками (уже с 25 см на почвенном разрезе встречается крупная и средняя галька).

Горизонт, 0—19 см, — оглеенный, буровато-сизый с ржавыми пятнами, с большим количеством корней, особенно с поверхности, слабозернистый. Переход в следующий горизонт довольно ясный;

горизонт, 19—26 см, — глеевый, сизый с более редкими ржавыми пятнами, по механическому составу — неясно-иловатый, более легкий (средний), несколько песчаный суглинок.

Влагоемкость этих почв 68—70%.

Наиболее обильной в травостое является осока безжилковая, но много и злаков: мятлики тибетского, ячменя солончакового, зубровки, вейника тонкостебельного. В мае травостой этих лугов начинает отрастать. В течение вегетационного периода происходит довольно частая смена аспектов злаково-осоковых орошаемых лугов. В начале июня аспектируют зубровка и лютик (*Hierochloa Bungeana* и *Ranunculus pedatifidus*), в двадцатых числах июня появляются голубоватые соцветия *Astragalus dasyglottis*, сменяясь в июле мытником *Pedicularis altaica*, к которому вскоре примешивается лапчатка многонервная *Potentilla multifida*, а в конце месяца — желтые пятна скерды Бунге *Crepis Bungeana*. В августе голубой аспект создают горечавки (особенно обильна *Gentiana barbata*, реже встречается *Gentiana decumbens*), расцветают *Lomatogonium carinthiacum*, *L. rotatum*. В травостое появляется осенняя окраска.

Большинство растений имеет ксероморфную структуру. Травостой отличается низкорослостью (средняя высота 15—16 см). *Aneurolepidium Paboanum*, *Poa tibetica*, *Carex enervis* имеют свернутые в трубку листья.

Большая часть корней растений располагается в слое почвы 0—40 см; глубже проникают лишь отдельные корни *Artemisia laciniata*, *Hordeum brevisubulatum*. Корневища *Poa subfastigiata*, *Poa tibetica*, *Hierochloa Bungeana*, *Calamagrostis macilenta*, *Carex enervis*, *Hordeum brevisubulatum* находятся на расстоянии 3—5 см от поверхности, образуя в почве довольно плотно задернованный слой. Распределение массы корней по почвенным горизонтам приведено в табл. 1.

Общая масса корневых систем на злаково-осоковом лугу несколько меньшая, чем на осочковой степи. Она составляет 87,2% от веса корневых систем осочковой степи. Здесь весовое количество корней уменьшается от верхнего горизонта почвы в глубь ее. Надземной массы в 20—25 раз меньше, чем корней.

Под влиянием поливов увеличивается влажность корнеобитаемых горизонтов почвы, что создает возможность развития здесь луговых растений. За три вегетационных сезона недостатка влаги в почве не наблюдалось. Влажность не падала ниже 70% от полной полевой влагоемкости почвы, создавая нормальные условия для роста и развития луговых растений.

Под влиянием полива произошли изменения и других элементов микроклимата. Так, значительно изменился температурный режим почв; стала меньше амплитуда крайних температур как в течение суток, так и средних за вегетационный период.

Осоковые орошаемые луга распространены на площади около 300—350 га оросительной системы Кара-Тюргунь. Они имеют не-

сколько большую влажность корнеобитаемого почвенного горизонта, чем злаково-осоковые луга.

Под осоковыми орошаемыми лугами лугово-болотная глеевая почва не вскипает с соляной кислотой.

Горизонты: I, 0—4 см, — плотная дернина с мхом;

II, 4—11 см, — под дерниной тяжелый суглинок, немного зернистый.

Переход в следующий горизонт постепенный;

III, 11—26 см, — по окраске — ржавый с сизыми пятнами; неоднороден по механическому составу — средний суглинок с песчанистыми линзами;

IV, 26—40 см, — грязно-сизый с ржавыми пятнами. Вязкая глина с включением очень крупной, средней и мелкой гальки;

V, 40—70 см, — грязно-сизый, мокрый, с мелкими ржавыми пятнами.

Грунтовые воды располагались на глубине 64 см; в 1956 г. при большей норме полива их уровень на этом участке поднялся до 50 см. Они тоже принимают участие в обеспечении растений водой.

Видовой состав осоковых лугов определяется в среднем 23—26 видами, но благодаря явному преобладанию в травостое осоки безжилковой *Carex enervis* присутствие других видов растений мало заметно. Крепкие корневища осоки безжилковой, густо переплетаясь, образуют довольно плотную дернину луга. Проективное покрытие — около 95% в период наиболее пышного развития травостоя, задернованность 20%, средняя высота 15 см. На почве сплошной моховой покров из мелких зеленых мхов. Здесь не бывает такого яркого и густого аспекта, как на злаково-осоковых орошаемых лугах. В конце мая — начале июня цветет лютик *Ranunculus pedatifidus*, к концу июня сменяется одуванчиком *Taraxacum officinale*. В середине июля появляются соцветия мытников *Pedicularis altaica*, *Pedicularis venusta*. Ярусность не выражена. По морфологическому строению в травостое преобладают корневищные виды, относящиеся по Раункиеру к группе геофитов, т. е. растений, почки возобновления которых погружены в почву. Они составляют 41% общего количества видов ассоциации и 81% массы травостоя. Эти луга, как и все луговые участки, летом выкашивают, зимой используют под выпас.

Орошаемые осоковые луга по видовому составу слагающих их растений подобны осоковым в долине р. Чуя, отличаясь от них генезисом растительного покрова, что вызвано характером водного режима*. Если первые возникли на месте осочковых степей под влиянием регулярного полива, то вторые — неорошаемые участки естественных луговых угодий, водный режим которых зависит от грунтовых вод и атмосферных осадков.

Глубина залегания грунтовых вод под естественными осоковыми лугами находится обычно в пределах от 1 до 1,5 м. Отличаются орошаемые и неорошаемые осоковые луга и характером корневых систем. Общая масса корней на неорошаемых несколько большая, чем на орошаемых. Орошение способствует усиленному развитию корней в поверхностных горизонтах почвы (см. табл. 1).

Осоковые кочковатые луга на оросительной системе Кара-Тюргунь занимают небольшую площадь. Они тянутся неширокой (около 10 м) полосой вдоль речки Кара-Су, служащей водонесущником для орошения. В течение всего вегетационного периода (с мая по август особенно) эти луга залиты водой, так как из-за неисправности оросительных каналов вода, предназначенная для орошения осоковых и злаково-осоко-

* На подобных лугах пастбищного использования (травостой их очень сильно стравлен) по берегу р. Кокоря также были взяты пробы на содержание корней в почвенных горизонтах.

вых лугов поступает и на осоковые кочковатые луга, течет между кочками осоки. Не бывает избытка воды только когда прекращается полив.

Эти луга характеризуются преобладанием в травостое осоки алтайской *Carex altaica*, образующей кочки около 30 см высотой и до 0,5 м в диаметре. На почве сплошной моховой покров из зеленых мхов. Проективное покрытие 95—100%, задернованность около 35—40%. Дернина (особенно кочек) очень плотная. Пространство между кочками занято осокой безжилковой *Carex enervis*, в западинках небольшими пятнами встречается мятлик *Poa subfastigiata*, редко можно найти очень плотные кочки кобрезии *Cobresia Bellardi*, небольшие дернинки щучки *Deschampsia caespitosa*, осоки *Carex dichroa*, ситника солончакового *Juncus salsuginosus* и пятна ситника Шишкина *Juncus Schischkini* (во «Флоре Западной Сибири» [9] для него местоположение в Чуйской степи не указано), из разнотравья обычны лютик красивый *Ranunculus pulchellus*, тростреник болотный *Triglochin palustris*, белозор болотный *Parnassia palustris*, гречиха живородящая *Polygonum viviparum*. Участок выкашивается вручную.

Описанные ассоциации урочища Кара-Тюргунь представляют собой сукцессионный ряд смены растительного покрова, вызванной изменением водного режима. Осочковые степи, в 1936 г. еще господствовавшие в данной местности, под влиянием поливов сменились злаково-осоковыми лугами, которые в свою очередь замещены осоковыми лугами на участках с большей нормой полива и осоковыми кочковатыми лугами при избыточном переувлажнении.

Для того чтобы выявить, каково влияние орошения на распределение корневых систем фитоценозов, были взяты образцы с осоковых естественных лугов (неорошаемых сенокосов) в долине р. Чуя и пастбищных участков этих лугов по р. Кокоря (см. табл. 1). Большая масса корневых систем (по весу) на осочковой степи сосредоточена в большем объеме почвы по сравнению с орошаемыми лугами. Здесь корни встречались и на глубине 1 м, в то время как на лугах глубина проникновения их была значительно меньшей. Основная масса корней под осочковой степной растительностью находится в слое почвы от 0 до 40 см с максимумами в горизонтах 0—10 см и 20—30 см (над слоем галечника).

В луговых фитоценозах большая масса корней развивается в слое почвы 0—20 см, причем чем выше задернованность почвы лугов, тем больше весовое обилие корней в ней.

На орошаемых лугах общая масса корней меньше, чем на неорошаемых лугах, сходных по видовому составу. Характер увлажнения накладывает отпечаток и на распределение корней по почвенным горизонтам. Более мощная сеть корневых систем формируется на орошаемых лугах в поверхностном горизонте почвы, обнаруживая резкое снижение их по мере углубления. Более равномерно распределение корней на лугах неорошаемых.

Характерной особенностью корневых систем большинства растений осоковых и злаково-осоковых орошаемых лугов является наличие на них клубеньков слегка изогнутой формы с жидким содержимым (размер их 1—3 мм, по цвету беловатые). Особенно часто они встречаются на корнях осоки безжилковой *Carex enervis*, вейника *Calamagrostis macilentia*, ячменя солончакового *Hordeum brevisubulatum*, реже на мятлике тибетском *Poa tibetica*. На осоковых лугах пастбищного использования эти же растения клубеньков почти не содержат. Очевидно на развитии клубеньков в этих условиях сказалось неблагоприятное влияние наледи, которая на этом участке ежегодно сохраняется до июля. Выкопанные растения этих же видов на заболоченных лугах около р. Кара-Су клубеньков также

не содержали, в то время как злаки и осоки, взятые в кустарниковых зарослях по р. Кокоря, обнаружили наличие массы клубеньков (как и на оросительной системе).

Выводы

1. Специфические высокогорные условия сформировали жизненные формы растений, в структуре которых доминирующее значение приобретают низкорослость, приземистость, опушенность. Растения развивают корневую систему, не уходящую сравнительно глубоко в почву, а широко распространяющуюся в поверхностном слое.

2. Сухость почвы ведет к некоторому увеличению общей массы корней. На почвах сухих с глубоким уровнем грунтовых вод увеличивается глубина проникновения корневых систем.

3. На избыточноувлажненных и бедных питательными веществами почвах развивается более мощная корневая система, чем на почвах богатых, умеренно влажных.

4. Одна и та же ассоциация осочковых лугов с *Carex enervis* в условиях полива и без полива отличается по общей массе корней и характеру распределения их по почвенным горизонтам. Орошение способствует усиленному развитию корней в поверхностных горизонтах.

5. Масса корней исследуемых ассоциаций значительно превышает массу надземного покрова. Особенно велико это превышение на осочковой степи.

Западно-Сибирский филиал
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
28/XI 1957

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Орловский, А. Л. Афанасьева, Корневые системы растений в каштановой зоне в связи с влиянием орошения. Отчет хим. лаборат. Уральской с.-х. опыт. ст., Уральск, 1929.
2. Н. А. Качинский, Изучение физических свойств почв и корневых систем растений при территориальных почвенных исследованиях, Сельхозгиз, 1930.
3. М. С. Шалыт, А. А. Калмыкова, Корневые системы растений в основных почвенных типах Украины, Бот. журн., № 4, 1935.
4. М. П. Петров, Корневые системы песчаной пустыни Кара-Кумы, их распределение и взаимоотношения в связи с экологическими условиями. Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции, т. 1, вып. 1, 1933.
5. В. М. Свешникова, Корневые системы растений Памира, Тр. ин-та ботаники АН Таджикской ССР, т. 4, 1952.
6. И. В. Красовская, Корневая система растений и рост ее в зависимости от внешних факторов. Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции, т. 15, вып. 5, 1925.
7. И. Н. Бейдеман, Изменение интенсивности корневых систем растений в разных ценозах. Тр. Ботанич. ин-та Азербайдж. филиала АН СССР, т. 6, 1939.
8. Н. А. Качинский, Корневая система растений в почвах подзолистого типа. Тр. Моск. оп. с.-х. станции, вып. 7, 1925.
9. П. Н. Крылов, Флора Западной Сибири, т. III, Томск, 1930.

ХРОНИКА

Совещание о сырьевой базе и перспективах развития химических производств на Дальнем Востоке

25—27 ноября 1957 г. в г. Владивостоке проходило совещание о сырьевой базе и перспективах развития химических производств на Дальнем Востоке, созванное по инициативе Химического отдела Дальневосточного филиала АН СССР и Приморского отделения Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева.

На совещании присутствовали представители совнархозов территориально-экономических районов Дальнего Востока, работники Приморского, Дальневосточного и Камчатского геологических управлений, Уральского научно-исследовательского института химии Министерства химической промышленности СССР, Дальневосточного филиала АН СССР, местных вузов и промышленных предприятий.

На пленарных и секционных заседаниях было сделано 12 докладов. Ниже приводим краткое содержание некоторых из них.

Д-р хим. наук В. Т. Быков и канд. хим. наук Е. П. Ожигов (ДВФАН СССР) в докладе «Задачи развития химической промышленности Дальнего Востока» установили следующие предпосылки для развития химической промышленности на Дальнем Востоке: наличие химического сырья (мировые запасы флюорита, наличие серы, древесины, угля и т. д.), возможность получения дешевой электроэнергии (увеличение мощности тепловых электростанций и строительство гидроэлектростанций на р. Улахэ), экономическая целесообразность создания новых производств (ликвидация дальних перевозок руды и концентратов).

В общей схеме развития химических производств предусматривается создание заводов для получения серной, плавиковой и других кислот, их солей и микроудобрений в Приморском крае, строительство азотно-тукового комбината в Амурской области, расширение сернокислотной и лесохимической промышленности в Хабаровском крае.

На Дальнем Востоке предусматривается также строительство завода карбида кальция и СК. Выступивший в прениях канд. хим. наук Н. И. Оранский (ТИНРО) отметил необходимость развития углекислотной промышленности на Дальнем Востоке с целью получения смол для пропитки сетей, фенолов и крезолов для развития производства пластических масс и т. д.

Ряд докладов был посвящен изучению возможностей развития сернокислотной промышленности на Дальнем Востоке. Проф. Г. М. Власов (ВСЕГИ) рассказал об истории, геологии и минералогии серных месторождений советского Дальнего Востока, отметил, что разведано уже 33 месторождения серы. Он высказал соображения о путях дальнейшего изучения и освоения серных месторождений Камчатки и Курильских островов.

Д. Е. Саватеев (ДГУ) в докладе «Вулканические серные месторождения Курильских островов» сказал, что на Курильских островах обнаружено 21 месторождение серы. Самым перспективным для промышленного освоения является остров Парамушир, имеющий 13 месторождений. Наиболее крупные из них «Серное кольцо» и «Скалистое». В ближайшие годы можно использовать небольшие месторождения фумарольных, наиболее богатых руд на южных Курилах и на вулкане Эбеко (остров Парамушир), имеющих более удобные подъездные пути, чем другие месторождения.

В докладе «Вулканические серные месторождения Камчатки» В. М. Никольский (Камчатская экспедиция) отметил, что вулканические серные месторождения Камчатки изучены еще слабо, но к настоящему времени выявлено уже 12 месторождений. Из них технологически наиболее изученное Верхневаямское. Пока еще не обнаружено месторождений с достаточными для организации рудника запасами серы, но геологические особенности полуострова подтверждают перспективность дальнейших поисков серы.

Канд. техн. наук А. Г. Баюла и М. В. Закасовская (ДВФАН СССР) в докладе «Получение серных концентратов из серных кварцитов острова Парамушир» показали, что сернистые руды острова могут быть обогащены путем флотации с применением основного масла — 450 г/т. Проведенные исследования с пробами, взятыми с 5 участ-

ков, показали возможность получения кондиционных концентратов с содержанием серы 70—80% и с извлечением не ниже 80%. Для окончательных выводов необходимы испытания на укрупненной установке.

Канд. техн. наук Е. А. Боом (ДВФАН СССР) рассказал, что установлена возможность получения методом фильтрации элементарной серы из руды с повышенным содержанием серы, с выходом продукта 70—75% и чистотой серы 99,99%. Основным преимуществом метода является непосредственное получение рафинированной серы из концентрата, без стадии получения комовой серы.

В обсуждении этих докладов принял участие главный обогатитель горнорудного отдела Приморского совнархоза О. А. Шумков. Он выразил мнение о необходимости в технологических работах ориентироваться не на получение элементарной серы, а на процессы сжигания кварцитов с целью получения сернистого газа для сернокислотной промышленности. Желательно более детальное изучение пирротинового концентрата Сталинского месторождения. Зав. отделом химии ДВФАН СССР Е. П. Ожигов подчеркнул, что в плане работ отдела предусматривается решение и этой задачи.

Остальные доклады были посвящены вопросам геологии и технологии переработки флюорита, а также другого химического сырья.

С докладом «Современное состояние и перспективы развития производства неорганических соединений фтора» выступил канд. техн. наук Г. Н. Богачев (УНИХИМ). Он изложил краткую историю промышленности фтора в СССР, дал характеристику развития производства элементарного фтора, фтористого и кремнефтористого натрия и других солей, подробно осветил технологию получения криолита и фтористого алюминия, в том числе методами, разработанными УНИХИМом и НИИУФом. Докладчик высказал соображения об организации в Советском Союзе новых производств: элементарного фтора, безводного фтористого водорода, фторсульфоновой кислоты, трифторида кобальта, кислых фтористых калия и натрия. Сырьевой базой для получения соединений будет высококачественный флюорит.

Канд. геол.-мин. наук И. Н. Говоров (ДВФАН СССР) отметил, что промышленные месторождения флюорита в крае немногочисленны и относятся к новому, не известному ранее генетическому типу. Докладчик называет его парагрейзенем для обозначения грейзеноподобных метасоматических пород, образовавшихся за счет замещения осадочных пород карбонатного состава. Эти месторождения разделяются на два подтипа: слюдисто-флюоритовое и турмалино-флюоритовое. Кроме того, встречаются флюоритовые рудопроявления, близкие к известному в литературе сульфидно-флюоритовому подтипу. Докладчик дал подробную геолого-минералогическую характеристику месторождений и наметил возможные пути их химико-технологического использования.

В докладе «К вопросу о новой технологии получения фтористых соединений» канд. хим. наук М. А. Михайлов (ДВФАН СССР) показал возможность применения реакции пиролизиса (перегретым паром) для переработки флюорита на криолит или соли плавиковой кислоты. Наиболее целесообразно применение метода «кипящего слоя» как для флюорита, так и для шихты из флюорита и двуокиси кремния. При проведении процессов со смешанной шихтой возможно получение производных фтора и вяжущих строительных материалов.

Выступившие в прениях канд. техн. наук Г. Н. Богачев и канд. хим. наук Е. П. Ожигов отметили теоретическую значимость и оригинальность разрабатываемого метода получения плавиковой кислоты и ее солей.

Канд. хим. наук Е. П. Ожигов, канд. хим. наук М. А. Михайлов и Н. М. Голубев (ДВФАН СССР) в докладе «О новых бескислотных способах разложения датолитового сырья» предложили два способа разложения датолитового сырья: перегретым паром и обработкой раствором соды в автоклаве под давлением. Оба способа выполнения в лабораторных условиях и нуждаются в проверке на модельных и опытных установках.

В докладе «Углекислый метод переработки датолитовых руд на борную кислоту» Ю. С. Плышевский (УНИХИМ), основываясь на диаграмме плавкости системы $\text{CaO}-\text{V}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$, высказал предположение, что при температуре $920 \pm 20^\circ$ датолитовый минерал разлагается с образованием бората кальция $\text{CaO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5$, хорошо растворяющегося даже в слабых кислотах. Предложен метод переработки датолитовых руд, основанный на их прокаливании при 960° с добавкой извести с последующим разложением спека угольной кислотой в автоклаве при давлении 5 атм и температуре $95-100^\circ$. Степень перехода борного ангидрида 90,4%. Проведены опыты на полупромышленной установке, подтвердившие лабораторные данные.

На заключительном заседании 27 ноября развернулись общие прения по всем основным докладом.

Канд. хим. наук Е. П. Ожигов подчеркнул, что в Приморье в будущем должна развиваться не только химическая промышленность, но также и углекислая, лесохимия, химия силикатов и т. д.

Д-р хим. наук В. Т. Быков отметил, что представленная схема развития химической промышленности Дальнего Востока является первым контуром, который будет

в последующем пополняться новыми данными. В развитии схемы химической промышленности Дальнего Востока должны принять участие экономисты филиала.

Канд. хим. наук Л. Б. Непомнящий подчеркнул, что желательно строительство энерготехнологических предприятий с целью получения продуктов углехимии. Он поставил вопрос об извлечении редких элементов из золы дальневосточных углей.

Д-р геол.-мин. наук Г. М. Власов подтвердил необходимость изучения, наряду с серой, в Камчатских и Курильских месторождениях полиметаллов (медь, ртуть и др.) и просил совещание оказать помощь в развертывании геологической разведки.

Совещание приняло резолюцию, в которой предусматривается организация координационной комиссии при ДВФАН СССР по развитию химии на Дальнем Востоке, и вынесло рекомендации об усилении геологических работ в этом крае по поискам сырья для химической промышленности.

Е. П. Ожигов.

ОПЕЧАТКИ

| Страница | Строка | Напечатано | Должно быть |
|----------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 21 | 27 сверху | и др. брахиоподы | и др.; брахиоподы |
| 30-31 | Табл. 1, графа 36 («Квари»), строка 3 снизу | 5 | 50 |
| 32-33 | Продолжение табл. 1, последняя графа, строка 6 снизу | 3 | 2 |
| 36 | 5 сверху | тремолит | тремолит |
| 38 | Подпись к рис. 3 | P P ₂ | Pg |
| 44 | 14, 15 сверху | резонанса термографии, | резонанса, термографии, |
| 53 | 18 сверху | CO CO ₂ | CO и CO ₂ |
| 57 | 20 сверху | Для подобного | Для подробного |
| 74 | 11 снизу | части | части |
| 86 | 12 снизу | уточнение | уточнение |
| 105 | Колонтитул | С. А. Колега | С. А. Коляго |
| 120 | Табл. 12, графа 3, 4 в головке | % мл-эка | % (мл-эка |
| 133 | Табл. 1, графа по вертикали 1, 2, по горизонтали 4 снизу | Среднее Осоковый орошаемый луг | Среднее Осоковый орошаемый луг |

Технический редактор И. М. Потоцкая. Корректоры: И. М. Савинская, В. А. Просвирина

МН 03074. Подписано к печати 8 мая 1958 г. Тираж 1200 экз. Заказ 39. Формат бумаги 70 X 108/16 = 3,59 бум. л., 9,83 печ. л., + 1 вклейка, 12 уч. изд. л.

Новосибирское книжное издательство. Красный проспект, 18. Типография № 1 Полиграфиздата. Новосибирск, Красный проспект, 20. Цена 7 руб.

Дн И

Цена 7 р.